

DESARROLLO DE UN DOSIFICADOR AUTOMÁTICO PARA ALIMENTAR
CERDOS

LUIS ERNESTO CADENA FLÓREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2007

DESARROLLO DE UN DOSIFICADOR AUTOMÁTICO PARA ALIMENTAR
CERDOS

LUIS ERNESTO CADENA FLÒREZ

Trabajo de grado para optar al título
de Ingeniero Industrial

Director
GUSTAVO PAREDES
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2007

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Industrial.

Ing. JUAN CARLOS OTERO.
Jurado

Ing. LUIS ALFONSO GARZÓN.
Jurado

Santiago de Cali, 20 de Marzo de 2007

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 JUSTIFICACIÓN	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. MARCO TEÒRICO	17
3.1 PORCICULTURA	17
3.1.1 Generalidades	17
3.1.2 Alimentación	18
3.2 COMEDEROS AUTOMÁTICOS	19
3.3 MATERIALES PLÁSTICOS	20
3.3.1 Clasificación	20
3.3.2 Propiedades físicas y mecánicas de los plásticos	23
3.4 PROCESO DE DISEÑO	27
4. DISEÑO DEL PRODUCTO	32
4.1 ESTUDIO DE MÉTODOS DEL PROCESO CONVENCIONAL DE ALIMENTACIÓN EN GRANJAS PORCÍCOLAS	32
4.1.1 Descripción del proceso de alimentación convencional	32
4.2 PROCESO DE ALIMENTACIÓN MEJORADO	33

4.2.1 Componentes del sistema	34
4.2.2 Descripción del proceso mejorado	34
4.3 DESARROLLO DEL PRODUCTO	35
4.3.1 Determinación de las necesidades del cliente	35
4.3.2 Definición de las características del producto	36
4.3.3 Componentes específicos	37
4.3.4 Diseño conceptual del dispositivo de dosificación	38
4.3.5 Selección del diseño del dispositivo de dosificación	38
4.3.6 Diseño conceptual de la unidad de control	42
4.3.7 Selección del diseño de la unidad de control	43
4.3.8 Factores del entorno del diseño	43
4.3.9 Diseño detallado	45
4.3.10 Partes del dosificador	50
5. ESTUDIO DEL MERCADO	55
5.1 DEFINICIÓN DEL MERCADO	55
5.2 ANÁLISIS DEL MERCADO	56
5.3 COMPETENCIA	60
6. PROCESO DE FABRICACIÓN	65
6.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CONTROLADOR ELECTRÓNICO	65
6.1.1 Programación del microcontrolador	65
6.1.2 Elaboración del circuito impreso	66
6.1.3 Ensamble de componentes electrónicos	68

6.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL DOSIFICADOR	69
6.2.3 Proceso de ensamble	72
6.2.4 Almacenamiento de materia prima	74
6.2.5 Almacenamiento de producto terminado	74
7. CALCULO DEL COSTO DEL DISPOSITIVO	78
7.1. Costo de la unidad de control	78
7.2. Costo del dosificador	80
8. CONCLUSIONES	83
9. RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resinas termoplásticas	21
Tabla 2. Resinas termofijas	22
Tabla 3. Tecnologías de transformación de los materiales plásticos	23
Tabla 4. Selección del dispositivo de dosificación	40
Tabla 5. Factores del entorno del diseño	44
Tabla 6. Granulometría del alimento concentrado	45
Tabla 7. Distribución de la población mundial de cerdos	53
Tabla 8. Sacrificio de ganado porcino en Colombia enero-diciembre de 2004	54
Tabla 9. Sacrificio de ganado porcino los últimos cuatro años	56
Tabla 10. Principales empresas fabricantes de dosificadores y comederos	60
Tabla 11. Materiales y herramientas programación microcontroladores	59
Tabla 12. Materiales impresión de circuitos	61
Tabla 13. Herramientas proceso de ensamble de componentes	62
Tabla 14. Características técnicas torno	64
Tabla 15. Características técnicas fresadora	64
Tabla 16. Características técnicas Poliamida 66	65
Tabla 17. Características técnicas Poliamida 610	65
Tabla 18. Suplementos recomendados por ILO	67
Tabla 19. Tiempo de ciclo unidad de control	70
Tabla 20. Valor materia prima unidad de control	71
Tabla 21. Cálculo tarifa hora máquina	72
Tabla 22. Valor materia prima dosificador	73

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Temperaturas de fusión	25
Gráfica 2. Absorción de agua	26
Gráfica 3. Distribución de la población de cerdos en Colombia	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Conceptos mecanismo dosificador	36
Figura 2. Funcionamiento concepto 1	37
Figura 3. Funcionamiento concepto 2	37
Figura 4. Funcionamiento concepto 3	38
Figura 5. Concepto unidad de control	41
Figura 6. Esquema ensamble del dosificador	46
Figura 7. Esquema de ensamble unidad de control	47
Figura 8. Esquema del puesto de trabajo sección ensamble	66

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Cursograma analítico proceso de alimentación cerdos	81
Anexo B. Diagrama de recorrido método actual	83
Anexo C. Cursograma analítico método mejorado	84
Anexo D. Diagrama de recorrido método mejorado	86
Anexo E. Esquema sistema automático de alimentación	88
Anexo F. Despliegue de la función de calidad (QFD)	90
Anexo G. Curvas de alimentación de cerdos	94
Anexo H. Planos de las piezas del dosificador	97
Anexo I. Cursograma sinóptico fabricación del controlador electrónico	98
Anexo J. Certificado de origen software MPLAB IDE	99
Anexo K. Cartas de proceso de fabricación del dosificador	100
Anexo L. Cotización cubierta	104
Anexo M. Tablas MTM	105
Anexo N. Diagrama bimanual ensamble dosificador	109
Anexo O. Encuestas	111

GLOSARIO

CAD: diseño asistido por computador.

CEBA: última etapa en la producción de cerdos. En ésta etapa se pretende engordar a los cerdos, obteniendo la máxima conversión de alimento concentrado en carne.

GESTACIÓN: etapa de maternidad de la cerda, la cual va desde el momento de la concepción hasta el día del parto.

INICIACIÓN: primera etapa en la producción de cerdos. En esta etapa el cerdo pasa de ser alimentado por la madre a consumir alimento concentrado.

LACTANCIA: última etapa de maternidad de la cerda en la que ésta alimenta los cerdos durante 30 días aproximadamente.

LEVANTE: segunda etapa en la producción de cerdos en la que éste se desarrolla en un 50%.

PRECOCIDAD: capacidad de desarrollarse antes de tiempo.

PROLIFICIDAD: virtud de engendrar, que se multiplica rápidamente.

PROTOTIPO: es una representación que abarca la mayoría o toda la información de los conceptos del diseño.

RESUMEN

Con el presente trabajo se busca dar solución a los problemas más comunes en las actividades de producción porcina en Colombia, como el desperdicio de alimento ocasionado por la inexactitud en las raciones aportadas, descontrol de los inventarios de alimento concentrado, entre otros inconvenientes relacionados con la alimentación de los animales. Para esto se desarrolló un sistema que facilita la automatización del proceso de alimentación, utilizando como complemento elementos que se encuentran fácilmente en el mercado como tubería de PVC, tornillos sinfín, motores eléctricos, finales de carrera y silos de almacenamiento (línea de suministro). El diseño del sistema de alimentación se enfoca en un mecanismo dosificador y un controlador electrónico, siendo éstos los componentes más importantes del sistema automático de alimentación. Los otros componentes, los cuales hacen parte de la línea de suministro del dosificador, se encuentran fácilmente en el mercado y tan solo se debe hacer una integración de ellos. Los fabricantes de estas líneas de suministro determinan las características técnicas que se requieren de acuerdo a las necesidades del cliente como longitud de la línea, diámetros de la tubería y tornillos sinfín, capacidad del silo, potencia de los motores, etc. En el proceso de diseño se identificaron las necesidades de los porcicultores de manera precisa y se elaboró el Despliegue de la Función de Calidad (**QFD, Quality Function Deployment**) el cual utiliza como herramienta la Casa de la Calidad para definir las características y componentes específicos del

dispositivo. Luego se plantean tres (3) conceptos de diseño y por medio de filtros se selecciona el óptimo. Se realiza un diseño detallado del producto, identificando el ensamble de sus piezas, dimensiones y describiendo el proceso de fabricación además de determinar la maquinaria requerida y sus características técnicas. Posteriormente se dimensiona el mercado potencial del dispositivo y se evalúan productos similares utilizados en éste.

INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario en Colombia representa un papel importante en el desarrollo social y económico del país, sin embargo han sido muy limitados los avances tecnológicos implementados que contribuyan con la productividad y la calidad en este campo. Esta es una de las razones por las cuales Colombia, en este sector, es mucho menos competitiva que otros países del mundo.

Actualmente las prácticas que se desarrollan en la porcicultura en Colombia son muy ineficientes, ya que se realizan de forma manual y demandan mucho tiempo, además de otros problemas como desperdicios, contaminación del alimento e inexactitud en las raciones diarias, que traen consigo consecuencias negativas en la calidad de sus productos y elevan los costos de producción.

Lo que se pretende con este estudio es contribuir con el desarrollo tecnológico de las actividades agropecuarias como es el caso de la porcicultura, preparándolas para afrontar mercados internacionales los cuales son altamente competitivos. Automatizando estas actividades, los poricultores serán más eficientes en sus procesos, ofrecerán productos de mayor calidad a menor costo y les será mucho más fácil la administración de sus negocios.

Con el presente trabajo de diseño se estudiará la viabilidad de desarrollar y comercializar productos para la automatización del proceso de alimentación en granjas porcícolas, teniendo en cuenta factores de mercado y técnicos o de ingeniería.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo automatizar el proceso de alimentación de cerdos y que beneficios traerá consigo?

1.1 JUSTIFICACIÓN

Todo objeto técnico nace para tratar de solucionar una necesidad o un problema existente, para finalmente cumplir con ciertos requerimientos. Los principales problemas o necesidades del sector porcícola son los siguientes:

- El desperdicio del alimento concentrado cuando éste es transportado desde el lugar de almacenamiento hasta los corrales donde se encuentran alojados los animales.
- Cantidad inexacta de alimento suministrado a cada animal. En caso de que se aporte más de la cantidad necesaria de alimento diario, este excedente no es asimilado por el organismo del animal y por lo tanto no contribuye en aumento de peso extra en el animal. Por otra parte, si se aporta menos cantidad que la requerida o la recomendada por el fabricante del alimento, trae consecuencias negativas en el desarrollo del animal y por ende se va a requerir más tiempo para

que el animal alcance el peso ideal, lo cual se verá reflejado en la rentabilidad del negocio.

- Una manipulación inadecuada del alimento, lo cual no es muy recomendable en la explotación de animales destinados al consumo humano, porque además de que origina problemas de salud en el animal durante su crianza que impide un desarrollo eficiente, puede transmitir enfermedades a sus consumidores o simplemente se ve afectada la calidad de la carne, ya que proviene de animales que han tenido que ser sometidos a tratamientos veterinarios.
- Estrés en los animales a la hora de comer. Esto se debe a que los animales que están alojados en diferentes corrales, no son alimentados al mismo tiempo debido a que una persona está encargada de atender varios de estos corrales. En granjas muy grandes, esta es una actividad que puede llevar de 30 a 90 minutos, dependiendo de la cantidad de personal asignado a esta tarea.
- Descontrol de los inventarios de alimento. Los dueños de las granjas corren el riesgo de que el alimento sea sacado fácilmente de las instalaciones por las personas que lo manipulan para ser vendido a las granjas más pequeñas o personas que posean unos cuantos animales para consumo personal.
- Elevados costos de mano de obra directa, debido a la gran cantidad de personal demandada por esta actividad.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un dispositivo que automatice el proceso de alimentación de cerdos en granjas porcícolas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÌFICOS

- Determinar las necesidades del mercado porcícola referentes al proceso de alimentación.
- Realizar un diseño detallado del producto.
- Determinar cual es el sector y el mercado al cual se dirige, identificando los clientes o consumidores potenciales y la competencia.
- Diseñar los métodos y procedimientos de producción más eficaces en la fabricación del producto.
- Calcular el costo de fabricar el producto

3. MARCO TEÓRICO

3.1 PORCICULTURA

3.1.1 Generalidades. El cerdo se encuentra hoy entre los animales más eficientes para producir carne; su gran precocidad y prolificidad, corto ciclo productivo y gran capacidad transformadora de nutrientes, lo hacen especialmente atractivo como fuente de alimentación. El valor nutritivo de la carne de cerdo la señala como uno de los alimentos más completos para satisfacer las necesidades vitales del hombre y su consumo contribuye a mejorar la calidad de vida humana desde el punto de vista de los rendimientos físicos e intelectuales. Según los requerimientos diarios del hombre, una sola porción de cien (100) gramos de carne magra de cerdo cocida, proporciona a un adulto el 52% de las proteínas, el 35% de hierro, el 28% de fósforo, el 26% de zinc, el 74% de la tiamina, el 40% de la vitamina B12, el 25% de la niacina, el 22% de la vitamina B6, el 19% de la riboflavina y solamente el 9% de las calorías requeridas diariamente.

Todos estos beneficios estimulan al consumo de carne de cerdo y por ende a la producción de éste, por lo cual el crecimiento en la industria porcícola ha venido aumentando notablemente en los últimos años a nivel mundial, e igualmente son muchos los esfuerzos que ponen los porcicultores en producir cerdos de mejor calidad a precios más favorables.

3.1.2 Alimentación. Esta es una actividad en la cual, la alimentación es uno de los factores más importantes ya que representa el 80% de los costos de producción, además el tiempo que duren los animales antes de alcanzar el peso ideal para el sacrificio, depende de la precisión en la cantidad y la calidad del alimento aportado a estos en cada ración diaria. En la mayoría de las granjas porcícolas, principalmente en las pequeñas y medianas, se almacena el alimento en sacos de 40kg. Las prácticas de alimentación se realizan de forma manual, transportando el saco de alimento hasta cada uno de los corrales en que se encuentran alojados un grupo de cerdos y vertiendo la cantidad necesaria de alimento, midiéndola con un recipiente previamente pesado. Otra forma de realizar esta actividad es utilizando un carro para transportar el alimento por cada uno de los corrales y vaciando la cantidad necesaria utilizando un recipiente previamente pesado.

En granjas porcícolas grandes, el concentrado se almacena en silos, los cuales tienen capacidades entre 5 y 20 toneladas. Para alimentar los animales, el alimento es vaciado en carros con capacidad entre 100 y 200 kilogramos, realizando el proceso anteriormente descrito.

Existen alimentos balanceados especialmente para cada una de las etapas de crecimiento de los cerdos: iniciación, levante, ceba, gestación y lactancia. Estos se deben suministrar en las cantidades recomendadas por el fabricante del alimento y deben incrementarse gradualmente con el paso del tiempo.

3.2 COMEDEROS AUTOMÁTICOS

Actualmente existen mecanismos que automatizan o, por lo menos, agilizan el proceso de alimentación en granjas porcícolas. Algunos de estos productos ofrecen a las granjas mayor exactitud en la cantidad de alimento aportada a los animales, eliminación de problemas de salud en los animales causados por la manipulación del alimento, aumentar la capacidad de alojamiento de animales en sus instalaciones, reducir la necesidad de mano de obra en sus procesos además de otros beneficios que conllevan al incremento de la productividad y por ende, aumenta la rentabilidad de sus granjas.

La mayoría de estos productos consisten en tolvas de almacenamiento fijadas al comedero en forma de canoa, construidas en acero inoxidable con diferentes capacidades (10kg, 20kg, 40kg, 100kg), las cuales están ubicadas dentro de cada corral y, a medida que los animales van consumiendo el alimento del comedero, éste va bajando de la tolva hasta agotarse. Otros más sofisticados, consisten en unos pequeños dispositivos plásticos en donde se almacenan de 2 a 6 kilogramos, los cuales son llenados por medio de una tubería que está conectada a silos de almacenamiento que se encuentren ubicados fuera de las instalaciones de la granja. En este sistema, el alimento es transportado hasta los recipientes pequeños ubicados en los corrales, por la acción de un tornillo sinfín o de un sistema de cadena.

El recipiente tiene una válvula que, al abrirse, permite la caída del alimento a los comederos, la cual es accionada manualmente o por medio de un brazo actuador el cual

es activado por un pequeño motor. Éste último sistema requiere de un dispositivo electrónico que controle los tiempos de activación, razón por la cual resultan más costosos pero traen consigo mayores beneficios en la actividad de explotación animal.

3.3 MATERIALES PLÁSTICOS

3.3.1 Clasificación. Los materiales plásticos se clasifican de acuerdo con las propiedades físicas y químicas de las resinas que los constituyen, en dos grupos principales: termoplásticos y termofijos.

Los **termoplásticos**¹ son resinas con una estructura molecular lineal que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química. La acción del calor causa que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde. Dentro de ciertos límites, el ciclo de fusión-solidificación puede repetirse; sin embargo, debe tenerse en cuenta que el calentamiento repetido puede dar como resultado la degradación de la resina.

¹ BODINI, Gianni; CACCHPESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación del plásticos. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Mc Graw Hill, 1992. p. 54.

En el grupo de las resinas termoplásticas (Ver Tabla 1), se presenta una lista de resinas básicas más utilizadas para la producción de compuestos de moldeo, generalmente se abastecen en polvo o en gránulos. La lista no es completa, en cuanto incluye solamente los polímeros más conocidos (resinas básicas) sin mencionar los polímeros más nuevos o las combinaciones de dos o más polímeros (copolímeros), que se han producido para aplicaciones especiales.

El grupo de las resinas termofijas² (Ver Tabla 2) incluye las resinas básicas más conocidas y empleadas en la preparación de los compuestos para moldeo, abastecidos por el mercado bajo la forma de polvo o gránulos. El moldeo de estos materiales puede realizarse en máquinas de inyección automática o en prensas por transferencia o a compresión, estando la selección del método a usar ligado al tipo de molde utilizado.

² *ibid.*, p. 55.

Tabla 1. Resinas termoplásticas

RESINAS TERMOPLÁSTICAS (resinas base)	Símbolo ISO 1043	Denominación
Acrílicas	PMMA	polimetil-metacrilato
Celulósicas	CA	acetato de celulosa
	CAB	acetobutirato de celulosa
	CP	propionato de celulosa
Estirénicas	PS	poliestireno
	SB	poliestireno alto impacto
	ABS	acrilonitrilo-butadieno-estireno
	SAN	acrilonitrilo-estireno
Vinílicas	PVC	cloruro de polivinilo
	PVAC	poliacetato de vinilo
Poliolefínicas	PE	polietileno
	PP	polipropileno
Poliacetálicas	POM	poliacetal
Poliamidas	PA 66	poliamida 66
	PA 6	poliamida 6
	PA 610	poliamida 610
	PA 11	poliamida 11
	PA 12	poliamida 12
Policarbonatos	PC	policarbonato
Poliésteres	PBTP	polibutilén-tereftalato
Termoplásticos	PETP	polibutilén-tereftalato
Polifenilénicas	PPO	polióxido de fenileno
Poliuretanos	PUR	poliuretano termoplástico
Resinas	FEP	fluoro etileno-propileno
Fluoro-carbónicas	ETFC	tetrafluoroetileno-etileno
	PCTFE	trifluoroetileno-policloro

Fuente: BODINI, Gianni; CACCHPESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación del plásticos. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Mc Graw Hill, 1992. p. 54.

Tabla 2. Resinas termofijas

RESINAS TERMOFIJAS (resinas base)	Símbolo ISO 1043	Denominación
Fenólicas	PF	resina fenol-formaldehído
Melamínicas	MF	resina melamina-formaldehído
	MPF	resina melamina-fenol-formaldehído
Ureícas	UF	resina urea-formaldehído
Alquídicas	-	resina alquídica
Alílicas	PDAP	resina alílica (polidial-ilftalato)
Epóxicas	EP	resina epóxica
Poliésteres insaturados	UP	resina poliéster (insaturada)
Poliuretanos	PUR	resina poliuretánica
Silicónicas	SI	resina silicónica

Fuente: BODINI, Gianni; CACCHPESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación del plásticos. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Mc Graw Hill, 1992. p. 55.

Las resinas **termofijas** pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si se continúa la aplicación del calor, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o de agentes reticulantes

Los materiales plásticos pueden ser transformados mediante diversos métodos, los cuales se muestran en la Tabla 3. Estos pueden ser: moldeo por inyección, extrusión, soplado, termoformado, rotoformado, calandreado, moldeo por compresión, moldeo por transferencia y por fundición.

Tabla 3. Tecnologías de transformación de los materiales plásticos.

	Métodos de transformación	Moldes Herramental o equipo	Maquinaria - Equipo
TERMOPLÁSTICOS	Moldeo por inyección	Moldes de acero	Máquinas de inyección (hidráulicas)
	Extrusión (redondo-hojas-película)	Dados y cabezales de extrusión	Equipo de extrusión
	Soplado (cuerpos huecos)	Moldes de aluminio	Máquinas de soplado con extrusión con inyección
	Termoformado (por vacío o por presión)	Moldes o formas de madera o aluminio	Máquinas para termoformado (formado en caliente)
	Rotoforado (cuerpos huecos)	Moldes tipo concha de lámina de acero o aluminio	Sistemas de rotomoldeo-hornos de aire caliente
	Formado por expansión (ejemplo: poliestireno expandido)	Moldes de aluminio	Calderas (generadores) de vapor. Equipos para moldeo por vapor
	Calandreado (ejemplo:hojas continuas)	-	Mezcladores. Calandrias
TERMOFIJOS	Moldeo por compresión	Moldes de acero	Máquinas de moldeo por compresión
	Moldeo por transferencia	Moldes de acero	Máquinas de moldeo por transferencia
	Moldeo por inyección	Moldes de acero	Máquinas de moldeo por inyección
	Procesos por fundición	Formas de madera, metálicas o de otros materiales	Equipo para la mezcla de los compuestos. Hornos para la fusión o para tratamiento térmico.

Fuente: BODINI, Gianni; CACCHPESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación del plásticos. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Mc Graw Hill, 1992. p. 59.

3.3.2 Propiedades físicas y mecánicas de los plásticos. Las propiedades de un material plástico dependen en primer lugar de las características químico-físicas de la resina base y de los aditivos usados para mejorar o modificar alguna propiedad de dicha resina.

En general los materiales termoplásticos con estructura lineal, pueden ser subdivididos en dos subgrupos con referencia a su acomodo molecular:

- Polímeros con estructura amorfa.
- Polímeros con estructura parcialmente cristalina.

La estructura molecular influye en el comportamiento durante el proceso de fusión y determina las propiedades físicas y mecánicas del material plástico.

En los **polímeros con estructura amorfa**³ no existe una temperatura de fusión precisa. El material pasa gradualmente a medida que la temperatura se aumenta del estado sólido a un estado viscoso hasta convertirse finalmente, en un fluido. En estos materiales la contracción está limitada entre 0,3% y 0,9%.

Dentro de este grupo se encuentran los siguientes materiales: ABS copolímero, poliestireno, poliestireno resistente al impacto, acrilonitrilo-estireno, acetato de celulosa, acetato butirato de celulosa, propionato de celulosa, policarbonato, polimetil metacrilato, óxido de polifenileno y cloruro de polivinilo.

Los **polímeros con estructura parcialmente cristalina**⁴, constituidos por partes amorfas y partes cristalinas, presentan un característico punto de fusión que corresponde a la transición del estado sólido al estado fluido. Estos materiales

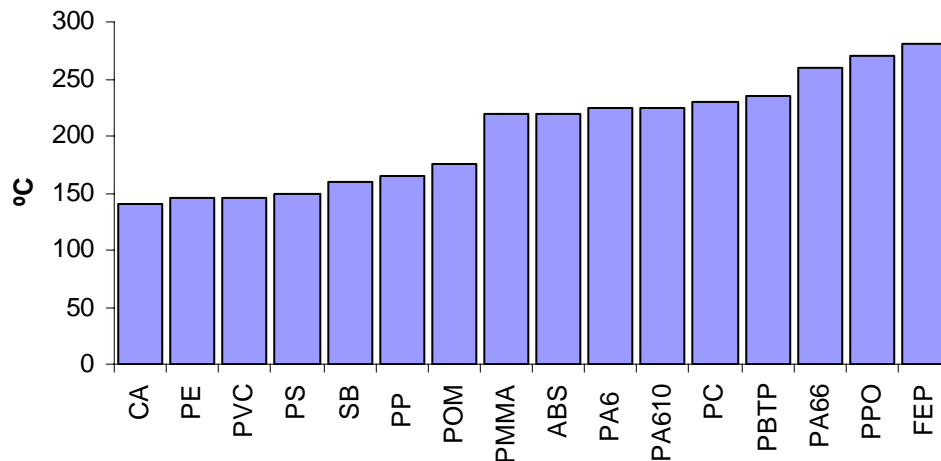
³ ibid., p. 64.

⁴ ibid., p. 65.

tienen una contracción en el moldeo entre el 1% y 5%. La estructura semicristalina hace a estos materiales más resistentes a los agentes químicos y menos sensibles a los aumentos de temperatura en cuanto que mantienen las características de resistencia mecánica y de rigidez hasta la proximidad del punto de fusión. En este grupo se encuentran los siguientes materiales: polietileno, polipropileno, poliamidas, poliacetal, polibutileno-tereftalato, polietileno tereftalato, fluorotileno-propileno copolímero y etileno-tetrafluoruro etileno copolímero.

La temperatura de fusión aproximada se presenta en orden creciente, en la Gráfica 1.

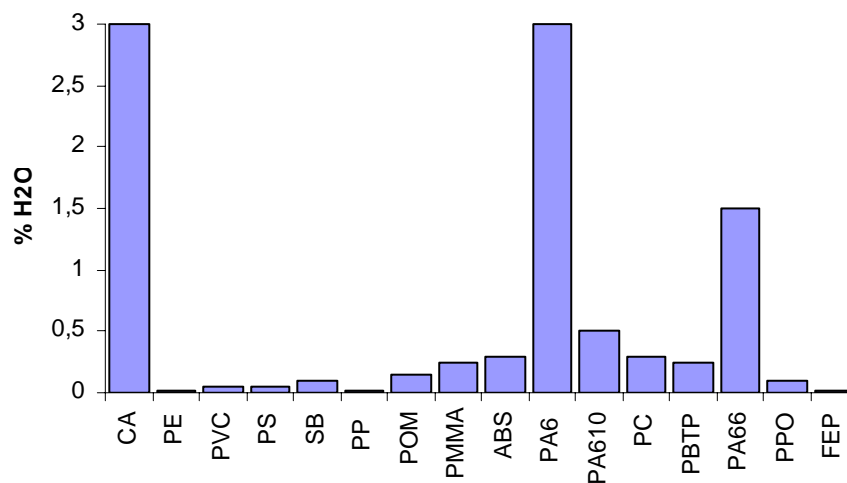
Gráfica 1. Temperaturas de fusión



Fuente: BODINI, Gianni; CACCHPESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación del plásticos. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Mc Graw Hill, 1992. p. 63.

Otra característica ligada a la naturaleza química de los polímeros termoplásticos es su tendencia a absorber agua, ya sea del ambiente o por inmersión directa. Esta característica se mide por medio de un índice el cual proporciona información sobre la estabilidad dimensional y sobre la propiedad dieléctrica de los diversos polímeros. Mientras menor sea el índice, mayor será su estabilidad dimensional y su propiedad aislante. En la Gráfica 2 se muestran los índices de absorción de agua de los materiales termoplásticos.

Gráfica 2. Absorción de agua



Fuente: BODINI, Gianni; CACCHPESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación del plásticos. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Mc Graw Hill, 1992. p. 65.

A diferencia de los termoplásticos, cuando los **termofijos** son llevados al punto de fusión no pueden permanecer en estado fluido por mucho tiempo. De hecho se inicia rápidamente el proceso irreversible de endurecimiento bajo la acción del calor, la presión y sustancias catalizadoras o agentes de endurecimiento. Las

resinas básicas de estos materiales son de estructura amorfa y aspecto vítreo, son bastante frágiles. En el breve tiempo entre la fusión y el inicio del endurecimiento debe concluirse el moldeo, vaciado o cualquiera que sea el método de transformación.

En cuanto a las propiedades mecánicas, los materiales termoplásticos sometidos a tracción, no siguen fielmente la ley de **Hooke**, según la cual dentro de ciertos límites, las deformaciones son proporcionales a la carga. A temperaturas normales bajo carga constante, se produce el fenómeno de deformación plástica.. A diferencia de éstos, los materiales termofijos, son rígidos, bastante frágiles, que sometidos a tracción se rompen sin presentar debilitamiento.

3.4 PROCESO DE DISEÑO

En el proceso de diseño de un producto, es muy importante identificar cuáles son las necesidades del mercado en el que se quiere incursionar. Estas necesidades pueden ser soluciones a problemas que se presenten con frecuencia en ciertas actividades. Una vez identificadas las necesidades del mercado se definen las especificaciones del producto, de tal forma que satisfagan dichas necesidades.

Después de definir las especificaciones del producto se desarrollan los conceptos apropiados en el diseño del producto. Estos conceptos pueden ser matemáticos, físicos, mecánicos, etc.

Posteriormente se procede a realizar un diseño detallado en el que se determina la configuración completa del producto, identificando sus partes, componentes, materiales utilizados y dimensiones.

En esta fase del proceso de diseño es apropiado construir modelos y prototipos del producto, que permitan representar la mayoría o toda la información de los conceptos del diseño. Existen tres clases de prototipos: geométricos, funcionales y prototipos técnicos y preseries.

En los prototipos geométricos las piezas se diseñan o se dibujan con base en conceptos CAD para dibujo de máquinas, los cuales permiten hacer cálculos menores de peso, volumen y área. Estos prototipos se caracterizan por la facilidad de tener cualquier propiedad en sus materiales.

Los prototipos funcionales permiten la interacción de conceptos multidisciplinarios como la mecánica, electrónica y la informática, mediante la acción hombre y/o máquina para satisfacer los requerimientos del diseño. En estos prototipos se pueden realizar diferentes tipos de análisis funcionales del objeto: **descripción del objeto como un operador**, en la que se asume el objeto como una “caja negra” de la que sólo importa identificar la función global del objeto. **Descripción anatómica del objeto**, en la que se detalla cómo son sus piezas, cuáles son sus dimensiones relativas y cómo están ensambladas unas a otras. **Análisis**

funcional⁵, en el que se estudia y describe minuciosamente cómo funciona el objeto, qué hace posible que el objeto cumpla su función global. **Análisis técnico y constructivo**⁶, en que se describe la fabricación del objeto, los materiales elegidos, las herramientas empleadas, la forma que se ha dado a cada pieza y los problemas que plantean su ensamblaje e instalación. **Análisis sistemático**⁷, en el que se pretende saber cómo se utiliza.

Los prototipos técnicos y preseries permiten un análisis completo por la similitud al diseño final y se construyen en materiales equivalentes al diseño final. El preserie se considera idéntico al diseño y permite evaluar todos los requerimientos para los que fue construido.

Finalmente se determina el proceso de producción más apropiado para su fabricación, identificando máquinas y equipos requeridos para obtener un producto terminado de óptima calidad.

⁵ HIDALGO, Miguel Ángel. Diseño de prototipos funcionales. En: Segunda Semana Técnica de Ingeniería Mecánica (18-22 sep. 2003: Santiago de Cali): Memorias. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2003, p. 12.

⁶ ibid., p. 13

⁷ ibid., p. 14.

4. DISEÑO DEL PRODUCTO

4.1 ESTUDIO DE MÉTODOS DEL PROCESO CONVENCIONAL DE ALIMENTACIÓN EN GRANJAS PORCÍCOLAS

Se analizó el método convencional de alimentación utilizado en las granjas porcícolas, realizando un estudio de métodos mediante la elaboración de un Cursograma Analítico y un Diagrama de Recorrido para el método actual y el propuesto.

4.1.1 Descripción del proceso de alimentación convencional. El alimento se encuentra almacenado en sacos de 40kg o, en algunos casos, en silos fabricados en lámina galvanizada con capacidades que oscilan entre 5 y 20 toneladas. Este se debe almacenar clasificándolo de acuerdo a la etapa en la cual se encuentra el cerdo con el fin de evitar equivocaciones al momento de suministrar el alimento.

El operario se desplaza hasta el lugar de almacenamiento para disponerse a alimentar a los animales. Se utiliza un carro con una capacidad de almacenamiento de 100 kg como herramienta para transportar el alimento hasta cada uno de los corrales. El operario llena el carro con alimento y se desplaza por cada uno de los corrales, vaciando el alimento del carro a los comederos. Para calcular la ración a suministrar en cada corral, se utiliza un recipiente con

capacidad entre 2 y 3 kilogramos; se multiplica la cantidad que debe consumir cada animal, por el número de animales que hay en cada corral y el resultado es la cantidad que se debe vaciar en el comedero. Por ejemplo si es un corral con 20 cerdos, los cuales deben consumir 1kg cada uno, se debe vaciar 20kg en el comedero, es decir el equivalente a 4 recipientes de 5 kg. Este proceso se repite hasta que se haya agotado el alimento que almacena el carro.

Una vez se agota el alimento almacenado en el carro, el operario se debe desplazar nuevamente hasta el lugar de almacenamiento del alimento (silo o sacos x 40kg) y así sucesivamente hasta haber completado todos los corrales (Ver Anexos A y B).

Este proceso dura aproximadamente entre 20 y 30 minutos, dependiendo del tamaño de la granja y del número de personas asignadas a este.

4.2 PROCESO DE ALIMENTACIÓN MEJORADO

Para mejorar el método convencional de alimentación en granjas porcícolas, se automatizó dicho proceso mediante el diseño de un dispositivo que dosifica la cantidad a suministrar en cada corral (Ver Anexos C y D). De esta manera se elimina la necesidad de disponer de personal asignado a éste proceso y asimismo la manipulación del alimento, se obtiene una cantidad exacta en las raciones

aportadas a cada animal lo cual incrementa la productividad de la granja, se elimina el estrés en los animales obteniendo mayor rendimiento en la conversión de carne ya que se alimentarán simultáneamente todos los cerdos, se requerirá de menos espacio en los pasillos, y finalmente, se tiene un control más eficaz de los inventarios de materia prima (alimento) el cual representa el 80% de los costos operativos en la producción porcina.

4.2.1 Componentes del sistema. El sistema automático de alimentación de cerdos consta de los siguientes elementos (Ver Anexo E):

- Silo de almacenamiento
- Tubería en PVC
- Bajada “T”
- Sinfín flexible
- Motor eléctrico
- Cajetín
- Dosificador
- Controlador

Actualmente en el mercado, se encuentran con facilidad todos los componentes excepto el dosificador y el controlador, componentes principales de este sistema.

Por esta razón se diseñarán estos dos dispositivos cumpliendo con las necesidades y expectativas de los poricultores.

4.2.2 Descripción del proceso mejorado. Teniendo el sistema automatizado para la alimentación de los cerdos, tan solo hay que programarlo. Desde una unidad que controla los dosificadores, el ganadero programa cuántas veces y en qué cantidad desea alimentar los animales.

Teniendo estos parámetros, el sistema automáticamente alimentará los animales de la granja, tomando el alimento almacenado en un silo que se encuentra ubicado fuera de las instalaciones de alojamiento de los cerdos, utilizando un tubo en PVC que contiene un sinfín el cual transporta el alimento hasta cada uno de los corrales. Una vez la tubería se encuentre llena, entrarán en funcionamiento todos los dosificadores, los cuales por medio de un mecanismo dosificador, dejan caer la cantidad precisa de alimento en las canoas de los corrales o cualquier tipo de comedero utilizado.

4.3 DESARROLLO DEL PRODUCTO

Como metodología para desarrollar el dosificador se utilizó el Despliegue de la Función de Calidad (**QFD, Quality Function Deployment**) el cual utiliza como

herramienta la Casa de la Calidad, en la que se relacionan las necesidades del cliente y las características del producto (Ver Anexo F).

4.3.1 Determinación de las necesidades del cliente. Se identificaron las siguientes necesidades y expectativas de los futuros clientes del dosificador:

- Eliminar la manipulación del alimento.
- Exactitud en las raciones de acuerdo a la etapa del animal.
- Realizar los ajustes precisos en las raciones de acuerdo al desarrollo del animal.
- Utilizar dispositivos de alimentación económicos, durables, confiables, de fácil instalación y uso y que ocupen poco espacio.
- Implementar herramientas que ayuden a controlar los inventarios de materias primas.
- Tener información en tiempo real del desempeño de los animales y su consumo de alimento diario.

4.3.2 Definición de las características del producto. Con el fin de satisfacer las necesidades y expectativas del cliente, se determinaron las siguientes características con las cuales deberá cumplir el dosificador:

- Funcionamiento automático.
- Sistema de retroalimentación al usuario.

- Flexibilidad en cuanto a las raciones diarias de alimento a suministrar.
- Procesamiento de la información ingresada por el usuario.
- Almacenamiento de información de la cantidad de alimento suministrada en un periodo de tiempo.
- Partes plásticas para evitar la corrosión y deterioro del producto.
- Compatibilidad a un computador.
- Calibrable a cualquier tipo de alimento.
- Ocupe poco espacio.
- Bajo consumo de electricidad.

El usuario determina cuántas veces (raciones) y la hora en la cual desea alimentar sus animales, asimismo la cantidad a suministrar en cada ración. En caso de que la granja maneje tablas de alimentación para cada etapa de los cerdos, este podrá programarlas y de esta manera el dosificador automáticamente realizará la variación necesaria en la ración a medida que transcurra el tiempo.

Opcionalmente, el dosificador podrá transferir la información de la cantidad de alimento suministrada en un periodo determinado, a una base de datos en un computador, con el objetivo de automatizar el proceso de costeo e igualmente, se obtendrá un control mucho más efectivo de los inventarios de materia prima.

Se podrán instalar varios dosificadores a una sola unidad de control, o uno solo según la etapa a la cual se destine. Es decir que si se tienen 5 corrales con grupos de 20 cerdos cada uno y de la misma edad, se podrá instalar 5 dosificadores controlados por una sola unidad electrónica. Pero si se tienen 20 cerdas con tiempo de gestación diferente, se debe instalar cada dosificador con una unidad de control, ya que cada una de las cerdas tiene requerimientos de alimentación distintos.

4.3.3 Componentes específicos. De acuerdo a las características requeridas para satisfacer las necesidades del cliente, se determinaron los componentes que deberá tener el sistema (Ver anexo E):

- UNIDAD DE CONTROL
 - Pantalla LCD
 - Microcontrolador
 - Teclado

- DISPOSITIVO DE DOSIFICACIÓN
 - Cubierta plástica
 - Mecanismo dosificador
 - Motor eléctrico 12V
 - Fuente de alimentación 12V

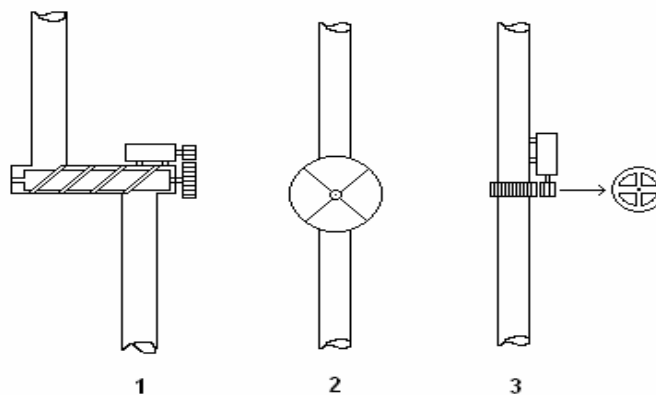
- LINEA DE SUMINISTRO
 - Tubería de PVC
 - Tornillo sinfín

- Cajetín
- Silo
- Motor 110V
- Final de carrera

4.3.4 Diseño conceptual del dispositivo de dosificación. El diseño del sistema de alimentación se enfoca en el mecanismo dosificador y el controlador electrónico, ya que son éstos los componentes más importantes del sistema automático de alimentación, además los otros componentes (línea de suministro) se encuentran fácilmente en el mercado y tan solo se debe hacer una integración de ellos. Los fabricantes de estas líneas de suministro determinan las características técnicas que se requieren de acuerdo a las necesidades del cliente como longitud de la línea, diámetros de la tubería y tornillos sinfín, capacidad del silo, potencia de los motores, etc. (Ver Anexo E).

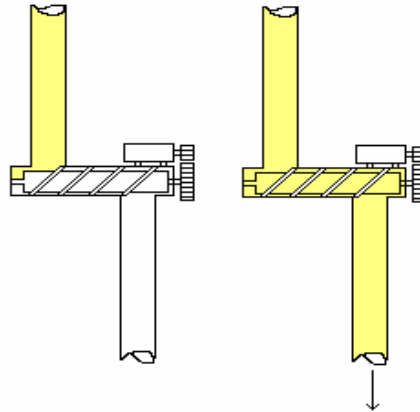
Se analizan 3 conceptos para el mecanismo dosificador (Ver figura 1):

Figura 1. Conceptos mecanismo dosificador



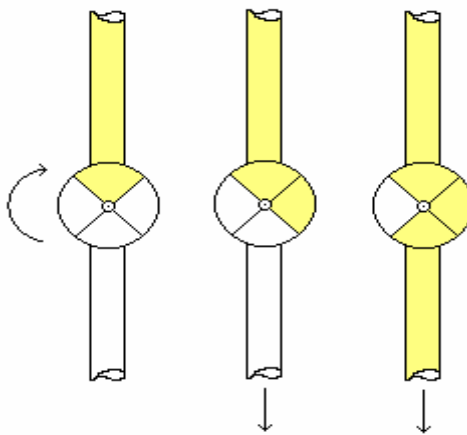
El **concepto número 1** consta de un tornillo sinfín y dos engranajes, accionado por un motor eléctrico. El material es arrastrado por el tornillo desde el tubo ubicado en la parte superior hasta salir por el tubo inferior. El tornillo debe girar el tiempo necesario para suministrar la cantidad de material necesaria.

Figura 2. Funcionamiento concepto 1



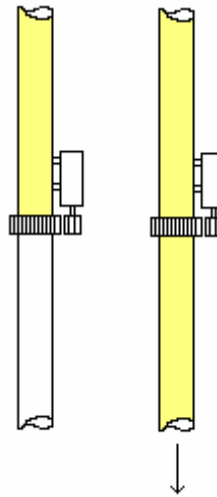
El **concepto número 2** está conformado por una hélice de 4 aspas, las cuales forman 4 cavidades que son llenadas con el material y, que al girar, son vaciadas por la parte inferior del tubo.

Figura 3. Funcionamiento concepto 2



El **concepto 3** contiene un disco en medio del tubo ubicado de forma transversal, el cual contiene 4 espacios en forma de hélice. Bajo el disco hay una tapa con la misma forma la cual deja caer el material a medida que gira el disco.

Figura 4. Funcionamiento concepto 3



4.3.5 Selección del diseño del dispositivo de dosificación. Para seleccionar el concepto de diseño óptimo se consideran 3 filtros: tecnológicos, simplicidad y fabricación.

Para el diseño número 1 desde el punto de vista tecnológico, se requieren piezas que se consiguen fácilmente en el mercado (motores eléctricos 12V), además el control de cantidad de alimento que debe suministrar está en función del tiempo, el cual es fácilmente controlable por un dispositivo electrónico. La precisión en cuanto a la cantidad de alimento a suministrar de este diseño depende del paso del tornillo, que podría ser bastante buena. Es decir que si se tiene un paso

relativamente pequeño, la mínima cantidad que puede suministrar el dispositivo es menor que si se tiene un paso más grande.

En cuanto a la simplicidad del diseño, se observa que sólo requiere 4 piezas: un motor eléctrico, dos engranajes y un tornillo sinfín, todas estas con una geometría sencilla.

El diseño número 2, desde el punto de vista tecnológico es viable ya que se requieren piezas que se consiguen fácilmente en el mercado, en este caso un motor eléctrico **paso a paso** o un **servomotor**, los cuales pueden ser bastante costosos. Se requiere de este tipo de motor ya que se tiene que controlar la posición de la hélice, es decir que la cantidad de alimento a suministrar está en función del número de giros que debe dar la hélice (cada 90° aporta cierta cantidad de alimento).

Para este diseño se necesitan cuatro piezas: una hélice, un motor y dos engranajes, los cuales tienen una geometría sencilla.

Estas piezas pueden ser fabricadas mediante un proceso de moldeo por inyección, obteniendo altos volúmenes, lo cual puede bajar el costo de producción.

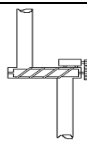
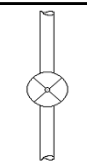
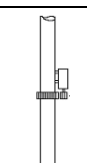
El diseño número 3 requiere de un servomotor o uno paso a paso ya que se debe controlar el ángulo de giro del disco para lograr que cuando se detenga el mecanismo, coincida la parte hueca del disco con la parte maciza de la tapa para que no siga cayendo alimento. Además la cantidad de alimento a suministrar está dada en función de la cantidad de giros del disco.

Este diseño contiene cuatro piezas de geometría un poco más compleja que los diseños anteriores: un disco con cuatro orificios y en su borde exterior un aro dentado para que sea transmitido el movimiento del motor, una tapa, un motor y un engranaje para el motor.

Finalmente se selecciona el diseño número uno (1) debido a que éste es el de menor costo ya que utiliza un motor eléctrico a 12V sencillo. También es el de mayor precisión en la cantidad de alimento a suministrar y tan solo requiere de un dispositivo electrónico que controle el tiempo de funcionamiento de un motor sencillo; a diferencia de los otros diseños que requieren un controlador más complejo debido a la necesidad de llevar a cierto ángulo de giro un servomotor o uno paso a paso.

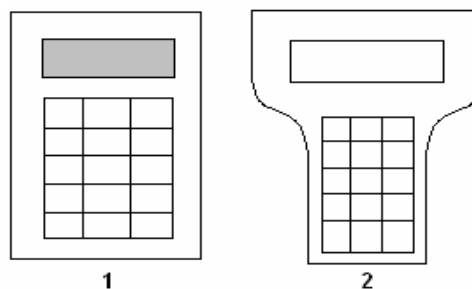
Esto último también incrementaría el costo del dosificador. En resumen se selecciona éste por tener barreras tecnológicas más bajas, simplicidad de su diseño, precisión, costo y facilidad de fabricación.

Tabla 4. Selección del dispositivo de dosificación.

		TECNOLOGÍCOS	SIMPLICIDAD	FABRICACIÓN	Total
	CONCEPTO 1	3 - Motor eléctricos 12V.	3 - Piezas con formas básicas. 3 cilindros.	2 - Maquinado en torno y fresadora.	18
		3 - Requiere controlar tiempo.	1 - Piezas con forma medianamente complejas. 1 tornillo sinfin, 2 engranajes.	2 - Costo de fabricación medianamente alto.	
		3 - Alta precisión en la cantidad de alimento.		1 - Baja producción.	
		Puntaje 9	4	5	
		CONCEPTO 2	1 - Motor eléctrico paso a paso o servomotor.	3 - Piezas con formas básicas. 1 hélice, 3 cilindros.	2 - Maquinado en torno y fresadora. Para la hélice, por inyección.
1 - Requiere controlar ángulos y número de giros.			1 - Piezas con forma medianamente complejas. 2 engranajes.	1 - Costo alto (motor).	
1 - Baja precisión en la cantidad de alimento.				2 - Producción mediana.	
Puntaje 3			4	5	
		CONCEPTO 3	1 - Motor eléctrico paso a paso o servomotor.	3 - Piezas con formas básicas. 2 tubos.	2 - Torno, fresado.
	1 - Requiere controlar ángulos y número de giros.		1 - Piezas con forma medianamente complejas. 2 engranajes, 2 discos.	1 - Costo alto (motor).	
	2 - Precisión medianamente alta.			1 - Producción baja.	
	Puntaje 4		4	4	

4.3.6 Diseño conceptual de la unidad de control. Para el controlador se analizan dos conceptos, los cuales se muestran en la Figura 5.

Figura 5. Conceptos unidad de control



El concepto 1 consta de una cubierta en forma rectangular la cual protege los componentes de factores externos como el polvo, la humedad y el calor. Quedan a la vista los dos componentes necesarios para interactuar con el usuario: teclado y pantalla (LCD).

El concepto 2 igualmente consta de una cubierta que protege los componentes, pero con una geometría más anatómica, que facilita la manipulación por el usuario.

4.3.7 Selección del diseño de la unidad de control. Para la selección de éste diseño, se consideran aspectos ergonómicos y estéticos.

El concepto 1 es poco estético y tiene una geometría demasiado sencilla que puede resultar incómoda al manipularlo.

El concepto 2 se adapta perfectamente a la forma de la mano haciendo más confortable su manejo, además es un poco más agradable a la vista. Por esta razón se selecciona el concepto número 2.

4.3.8 Factores del entorno del diseño. En el diseño del dosificador se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- **Seguridad.** Los riesgos a los cuales se encuentran expuestos las personas que laboran en las granjas y los animales, debido a la utilización del sistema automático de alimentación, son mecánicos y eléctricos, ya que el dosificador puede ser alcanzado en algún momento por los animales o por personas que laboran dentro de la granja, por lo tanto su diseño debe garantizar que no ocurran

accidentes laborales o muertes repentinas de animales, ya que este producto utiliza energía eléctrica. Para esto se utiliza un motor cuyo funcionamiento es a 12V, una baja tensión que no puede causar daño, además la mayoría de sus partes son dieléctricas porque están constituidas en materiales termoplásticos. Además su cubierta no permite el acceso a los engranajes y demás piezas que puedan causar lesiones mientras está funcionando. Igualmente el controlador utiliza energía eléctrica y éste es manipulado constantemente por una persona, por eso es cubierto por una carcasa plástica la cual posee propiedades dieléctricas, disminuyendo la posibilidad de conducir la energía, transmitiéndola al usuario. Además los conductores eléctricos utilizados son aislados en PVC.

- **Ergonomía.** Debido a que el controlador debe ser manipulado constantemente, se definieron dimensiones de tal manera que pueda ser sujetado fácilmente por la mano de una persona, quedando la otra libre para operar el teclado. Además se utilizó una geometría que se amolde adecuadamente a la forma de la mano para hacer más comfortable su manipulación y evitar lesiones o traumatismos en sus articulaciones con el paso del tiempo.

- **Estética.** La geometría del controlador contiene curvas suaves y costados simétricos que son agradables a la vista. También se dio un color primario (azul) que sugiere sobriedad en su aspecto. El dosificador tiene una figura de rombo definida por la carcasa, la cual cubre perfectamente sus partes funcionales.

- **Mantenimiento.** Las carcasas que cubren las partes funcionales del controlador y el dosificador, son fácilmente removibles debido a que éstas se

encuentran unidas por un juego de tornillos y tuercas, con el fin de realizarles mantenimiento preventivo y/o correctivo cada vez que se requiera. Esta característica facilita los procesos de: desensamblaje, limpieza, inspección, sustitución de componentes y reensamblaje.

- **Peso y tamaño.** Las dimensiones del dosificador y el controlador permiten que se puedan instalar fácilmente dentro de las instalaciones de la granja con unos requerimientos de espacio muy bajos. También, debido a los materiales utilizados y su número reducido de componentes, el peso es bajo, lo cual facilita la instalación.
- **Materiales.** Los materiales utilizados en el controlador y el dosificador son, en su mayoría, plásticos los cuales son fácilmente encontrados en el mercado a bajo costo y durables debido a que no se corroen y son resistentes al impacto, con bajo índice de absorción de agua, además son mucho más livianos que el metal.
- **Proceso de producción.** Las carcasas utilizadas en el controlador y el dosificador, son simétricas, lo cual facilita y simplifica su proceso de fabricación, disminuyendo el número de partes distintas a producir. Igualmente, al reducir el número de piezas a utilizar en el producto, se hace mucho más fácil el ensamblaje del mismo y se requiere de menos espacio para almacenar piezas en el puesto de ensamble.

Tabla 5. Factores del entorno del diseño.

<i>Factor</i>	<i>Amenaza</i>	<i>Fortaleza</i>
SEGURIDAD	Riesgo mecánico por engranajes y tornillo sinfín.	Se previene cubriendo estas piezas con carcazas.
	Riesgo eléctrico por motor, controlador y conexiones.	Se previene utilizando un funcionamiento a bajo voltaje (12V) y utilizando materiales plásticos con altas propiedades dieléctricas.
ERGONOMÍA	Traumas en articulaciones por la manipulación de los dispositivos (controlador).	Forma ergonómica que se amolda a la morfología de la mano.
ESTÉTICA	Piezas funcionales con diversas formas, tamaños, colores y materiales.	Cubiertas con curvas suaves y simétricas de un solo color (azul), lo que da sobriedad al aspecto.
MANTENIMIENTO	No tener acceso a las piezas funcionales debido a su cubierta.	Cubiertas removibles, unidas por un juego de tornillos para facilitar su desensamblaje, limpieza, inspección, sustitución de piezas y reensamblaje.
PESO Y TAMAÑO	Ocupen espacio necesario para el alojamiento de los animales.	Las dimensiones y peso del dosificador y el controlador permiten instalarlos en un espacio entre el techo y el suelo de los corrales, evitando ocupar espacio necesario para el alojamiento de los animales.
MATERIALES	Ambiente húmedo que puede generar deterioro de los materiales utilizados y acortar su vida útil.	Se utilizan materiales plásticos para evitar su corrosión, además estos tienen un bajo índice de absorción de agua lo cual evita su variación dimensional.
PROCESO DE PRODUCCIÓN	Fabricación de diferentes piezas, lo cual puede hacer un proceso de fabricación y ensamblaje complejo y largo.	Las cubiertas de los dos dispositivos son simétricas, facilitando el proceso de fabricación y disminuyendo el número de partes diferentes a producir y facilitando el proceso de ensamblaje.

4.3.9 Diseño detallado. Para el diseño del mecanismo dosificador se realizó un estudio de granulometría del alimento concentrado. Este alimento se encuentra en el mercado en dos presentaciones: pellets (comprimidos en forma cilíndrica) y molido. Siendo el pellet el de mayores dimensiones, se realizaron mediciones del diámetro y longitud de estos para determinar las medidas de las piezas del mecanismo (Ver Tabla 4).

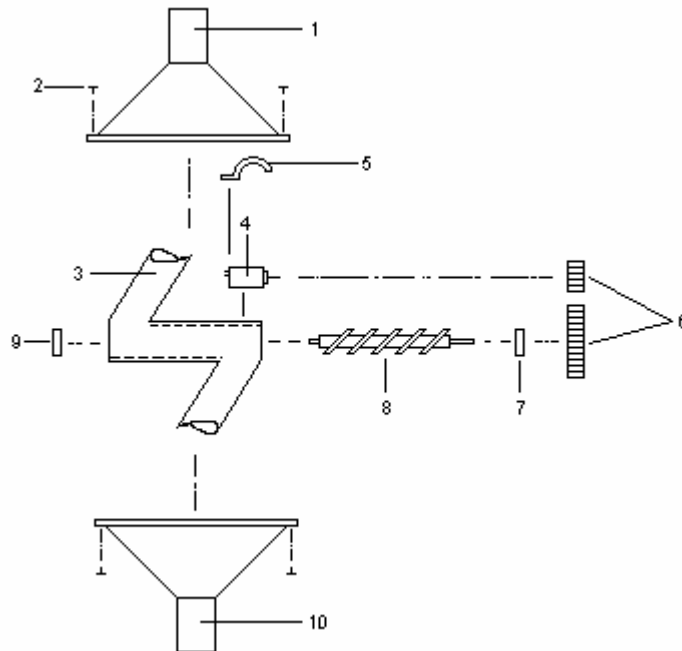
En la Figura 6 se muestran todas las partes del dosificador y la forma como se ensamblan.

Adicional al mecanismo dosificador descrito en el diseño conceptual, se instala una cubierta cuya función es aislar dicho mecanismo con el fin de protegerlo de factores externos a los cuales está expuesto por el hecho de funcionar dentro de los corrales de alojamiento de los cerdos. Esta cubierta protege principalmente el motor de la humedad, el polvo y el calor. La geometría de la cubierta se diseñó de tal manera que cubra todo el mecanismo y se dividió en 2 secciones isométricas para facilitar el ensamble y la fabricación.

Tabla 6. Granulometría del alimento concentrado

(mm)			
Longitud	Diámetro		
12,00	5,00	10,00	5,00
11,00	5,00	8,00	5,00
11,00	5,00	9,00	5,00
12,00	5,00	8,00	5,00
13,00	5,00	10,00	5,00
14,00	5,00	9,00	5,00
10,00	5,00	9,00	5,00
11,00	5,00	10,00	5,00
15,00	5,00	11,00	5,00
9,00	4,00	12,00	5,00
12,00	5,00	10,00	5,00
10,00	5,00	10,00	5,00
12,00	5,00	9,00	5,00
12,00	5,00	10,00	5,00
12,00	5,00	9,00	5,00
12,00	5,00	10,00	5,00
10,00	5,00	11,00	5,00
11,00	5,00	10,00	5,00
10,00	5,00	8,00	5,00
14,00	5,00	10,00	5,00
12,00	5,00	11,00	5,00
15,00	5,00	10,00	5,00
12,00	5,00	10,00	5,00
7,00	5,00		
10,00	5,00		
Promedio		10,69	4,98
Desv. Estd.		1,74	0,14

Figura 6. Esquema de ensamble del dosificador

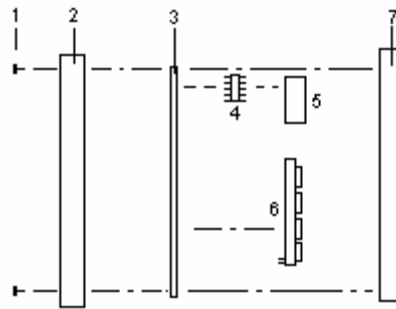


1. Cubierta superior
2. Tornillos
3. Tubería interna
4. Motor 12V
5. Abrazadera
6. Engranajes
7. Rodamiento derecho
8. Tornillo sinfín
9. Rodamiento izquierdo
10. Cubierta inferior

Las dimensiones y especificaciones técnicas de cada una de estas piezas se pueden observar en el Anexo H. El proceso de ensamble del dosificador se encuentra de manera detallada en el Anexo L.

La cubierta de la unidad de control se dividió en 2 caras simétricas para facilitar su fabricación, ensamble y mantenimiento, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Esquema de ensamble unidad de control



1. Tornillos
2. Cara posterior
3. Placa circuito
4. Microcontrolador (PIC)
5. Pantalla (LCD)
6. Teclado matricial
7. Cara frontal

4.3.10 Partes del dosificador

- **Unidad de control.** La unidad de control es el cerebro de los dosificadores, es decir la parte que interactúa con el usuario y maneja uno o más dosificadores, ya que este componente es el que tiene la información de las cantidades y la frecuencia de alimentación que se quiera suministrar a los animales de la granja. También es el encargado de realizar los incrementos en la cantidad de alimento diaria a consumir por los animales, dependiendo de la etapa en la cual se encuentren.

Está conformada por varios componentes electrónicos que facilitan el manejo del sistema y hacen posible el correcto funcionamiento de los dosificadores. Los componentes más importantes son una pantalla LCD, un microcontrolador y un teclado.

Pantalla LCD (Liquid Cristal Display). Esta es una pantalla de cristal líquido de 16 caracteres por 2 líneas, con iluminación interna para facilitar su operación en lugares oscuros. Este componente cumple con la función de interactuar con el usuario, mostrando de una manera organizada la información requerida para el funcionamiento de los dosificadores, por medio de un menú el cual hace mucho más fácil su manejo. En caso de que se este utilizando la opción de realizar aumentos graduales de alimento, por medio de la pantalla, el usuario puede

visualizar la cantidad de alimento que los dosificadores se encuentran aportando, brindando al ganadero la oportunidad de realizar ajustes en las raciones de acuerdo al desempeño de los animales.

Microcontrolador. El microcontrolador es un CHIP al cual van conectados los otros componentes de la unidad de control (teclado y LCD), el cual contiene un microprocesador que almacena la información necesaria para el funcionamiento de los dosificadores, procesa los datos ingresados por el usuario (horas de alimentación y cantidad a suministrar) mediante operaciones matemáticas, contiene fecha y hora y administra el funcionamiento de los dosificadores que tenga asignados. Esta es una de las partes más importantes en el sistema de dosificación automática.

Teclado. Por medio del teclado, el usuario puede ingresar y modificar los datos a la unidad de control. Este teclado contiene los números del 0 al 9, los cuales permiten digitar las cantidades exactas de alimento a suministrar, ajustar la hora y fecha y definir la frecuencia diaria de alimentación. También contiene tres teclas adicionales las cuales permiten navegar en el menú del sistema. Estas teclas son avanzar (↵), borrar o salir () y enter ().

- **Dispositivo de dosificación.** Esta es la parte mecánica del sistema, encargada de suministrar el alimento en los corrales de manera precisa en la

cantidad que se requiera. Los principales componentes de este dispositivo son una cubierta plástica, un mecanismo de dosificación, un motor eléctrico de 12V y una fuente de alimentación a 12V.

Cubierta plástica. La función principal de esta cubierta es proteger los demás componentes del dosificador de los daños que pueden causar el calor, la humedad, el polvo, golpes y otros factores externos.

Esta cubierta está dividida en dos partes de forma simétrica, con el fin de facilitar el proceso de fabricación y el mantenimiento que se requiera, una vez se haya instalado.

Mecanismo dosificador. El mecanismo dosificador, es la parte encargada de suministrar el alimento en la cantidad exacta, dejando caer el alimento en los comederos de los animales. Este mecanismo está conectado a un motor eléctrico, el cual es accionado por la unidad de control a las horas definidas por el usuario. Para la fabricación de este mecanismo se seleccionó Poliamida 610 por sus propiedades mecánicas, facilidad de maquinado y baja absorción de agua, lo cual brinda estabilidad dimensional.

Motor eléctrico. Es el encargado de poner en funcionamiento el mecanismo dosificador, convirtiendo la energía eléctrica en energía mecánica. El motor es puesto en marcha por un switch automático (relé) el cual es accionado por un

impulso eléctrico enviado por la unidad de control. La tensión nominal es de 12V y 0,19A de consumo, lo que hace económico al dosificador, en cuanto a consumo de energía eléctrica.

Fuente de alimentación. La fuente de alimentación es la encargada de suministrar la energía requerida por la unidad de control y el dosificador, convirtiendo una tensión de 110V en una de 12V.

5. ESTUDIO DEL MERCADO

5.1 DEFINICIÓN DEL MERCADO

El mercado objetivo de los dosificadores son los porcicultores, más específicamente los medianos y grandes, teniendo en cuenta las principales necesidades que se presentan:

- Controles efectivos de inventarios de materia prima, esto se debe a que no se conoce la cantidad exacta de alimento que a diario sale de la bodega o de los silos de almacenamiento, situación que en muchas ocasiones se facilita para ser robada por empleados de la misma granja.
- Mayor exactitud en las raciones diarias suministradas a los animales, lo cual se ve reflejado en la conversión de carne de los animales, y asimismo en los costos operativos de la granja.
- Disminuir los requerimientos de personal para el proceso de alimentación de los cerdos.

- Eliminar los desperdicios de alimento ocasionados por la inadecuada manipulación del mismo.
- Eliminar la manipulación del alimento por cuestiones de sanidad.
- Minimizar el estrés en los animales a la hora de comer.

Los dosificadores satisfacen estas necesidades identificadas ya que están en capacidad de brindar información al usuario acerca del consumo de alimento de un grupo de cerdos o de uno específicamente, debido a que están equipados con una unidad electrónica la cual puede transmitir datos a un computador.

De igual forma, suministra la cantidad necesaria y exacta de alimento para cada animal o grupo de forma automática; siendo capaz de variar la cantidad de alimento, según se le programe, de acuerdo a la etapa en que se encuentren los animales (Ver Anexo H).

Por medio de la unidad de control electrónica, el dosificador eliminará la necesidad de mano de obra ya que está dotada de un reloj programador en la cual el usuario indica las horas de alimentación y los dosificadores entran en funcionamiento de forma automática y simultáneamente, reduciendo también el estrés generado en los animales a la hora de comer.

El alimento en ningún momento tiene que ser manipulado porque éste es almacenado en un silo, el cual abastece las líneas de alimentación de los dosificadores y éstos lo dejan caer directamente a los comederos ubicados dentro de los corrales de alojamiento de los animales.

5.2 ANÁLISIS DEL MERCADO

La producción mundial de carne en el año 2004 fue de 253,1 millones de toneladas, con un crecimiento del 1,61% con respecto al año 2003. El cerdo representa el 38% de la oferta mundial de carne con 97,3 millones de toneladas y un consumo per cápita de 15,4 kg. Es decir que la población mundial de cerdos es de 930 millones de cabezas, cuyo crecimiento fue del 1,57% con respecto al 2003 (FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007).

En cuanto a su distribución, el mayor porcentaje se encuentra en Asia y Europa con un 57,5% y 23,1% respectivamente, 16,9% en el continente americano, 3,06% y 0,66% en África y Oceanía (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Distribución de la población mundial de cerdos

Asia	527	57,53%	3685	59,75%	0,15
Europa	212	23,11%	729	12,15%	0,29
América	155	16,92%	907	15,12%	0,17
<i>América del Norte</i>	92	10,04%	404	6,73%	0,23
E. U.A.	62	6,77%	274	4,57%	0,23
Canadá	12	1,31%	31	0,52%	0,39
México	14	1,53%	98	1,60%	0,15
<i>América del Sur</i>	57	6,22%	336	5,60%	0,17
Argentina	3	0,33%	36	0,60%	0,08
Brasil	32	3,49%	166	2,77%	0,19
Chile	2	0,22%	15	0,25%	0,13
Colombia	2	0,22%	41	0,68%	0,05
Ecuador	3	0,33%	12	0,20%	0,25
Paraguay	3	0,33%	5	0,08%	0,60
Perú	3	0,33%	25	0,42%	0,12
Venezuela	5	0,55%	23	0,38%	0,22
<i>El Caribe</i>	4	0,44%	37	0,62%	0,11
Cuba	2	0,22%	11	0,18%	0,18
<i>América Central</i>	3	0,33%	130	2,17%	0,02
<i>África</i>	28	3,06%	749	12,48%	0,04
<i>Oceanía</i>	6	0,66%	30	0,50%	0,20
Total:	929	101%	6000	100%	0,15

Fuente: Estadísticas. [en línea]: Población de Cerdos. Roma: Fao, 2007. [consultado 27 de febrero de 2007]. Disponible por internet: <http://www.fao.org>

Colombia representa el 0,22% del mercado mundial de cerdos, los cuales se concentran principalmente en las capitales. Bogotá con el 33,22%, Medellín el 16%, Envigado el 9,36%, Cali el 8,43% y Santa Rosa de Osos con el 4,07% (Ver Tabla 8).

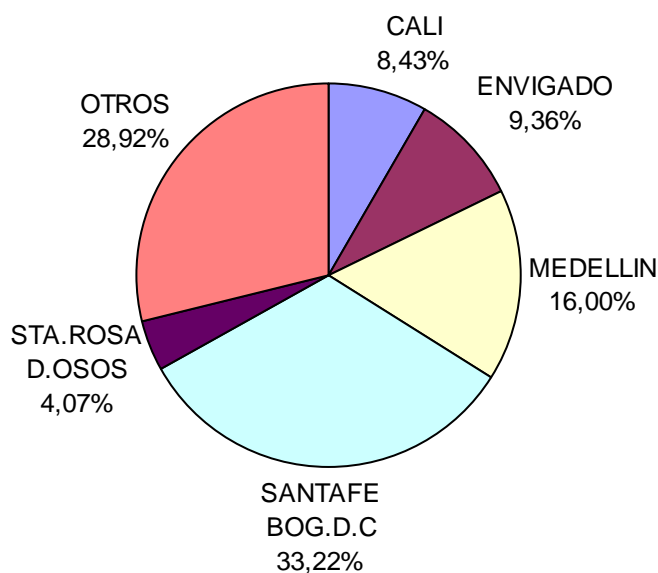
Tabla 8. Sacrificio de ganado porcino en Colombia enero-diciembre de 2004

MUNICIPIO	Total cabezas/año	%
ACACIAS	2.831	0,24%
AGUACHICA	472	0,04%
ANDES	6.320	0,54%
ARAUCA	630	0,05%
ARMENIA	8.669	0,75%
BARRANCABERMEJA	1.611	0,14%
BUCARAMANGA	17.719	1,51%
BUGA	4.812	0,41%
CALI	99.197	8,43%
CAQUEZA	843	0,07%
CARTAGO	5.249	0,45%
CHIA	3.802	0,32%
CHINCHINA	3.628	0,31%
CHIPAQUE	321	0,03%
COPACABANA	6.542	0,56%
DUITAMA	5.079	0,43%
ENVIGADO	110.094	9,36%
ESPINAL	407	0,03%
FACATATIVA	5.243	0,45%
FLORENCIA	6.587	0,56%
FUNZA	579	0,05%
FUSAGASUGA	3.333	0,28%
GALAPA	29.974	2,55%
GENOVA	695	0,06%
GIRARDOT	2.396	0,20%
IBAGUE	20.617	1,75%
LA CEJA	12.661	1,08%
LA DORADA	13.914	1,18%
MADRID	1.439	0,12%
MACAO	10.819	0,92%
MANIZALES	34.496	2,93%
MEDELUN	188.178	16,00%
NEIVA	14.316	1,22%
PASTO	15.092	1,28%
PEREIRA	16.009	1,36%
PITALITO	3.698	0,31%
POPAYAN	2.099	0,18%
RIOHACHA	9.781	0,83%
RIONEGRO	5.287	0,45%
S ROSA DE CABAL	3.882	0,33%
SAN GIL	2.652	0,23%
SANTA MARTA	2.162	0,18%
SANTAFE BOG.D.C	390.838	33,22%
SOGAMOSO	4.828	0,41%
STAROSAD.OSOS	47.930	4,07%
TULUA	10.669	0,91%
TUNJA	4.777	0,41%
VALLEDUPAR	64	0,01%
VILLAMCENCIO	22.048	1,87%
YOPAL	3.671	0,33%
ZIPAQUIRA	7.074	0,60%
TOTAL	1.176.434	100%

Fuente: Estadísticas [en línea]: Sacrificio de Ganado. Bogotá: Dane, 2007.
[consultado 19 de febrero de 2007]. Disponible en internet: <http://www.dane.gov.co>

La mayor población de ganado porcino en Colombia, se encuentra concentrada en las principales ciudades del país (Gráfica 3).

Gráfica 3. Distribución de la población de cerdos en Colombia



Fuente: Estadísticas [en línea]: Sacrificio de Ganado. Bogotá: Dane, 2007. [consultado 19 de febrero de 2007]. Disponible en internet: <http://www.dane.gov.co>

Este es un mercado que ha venido creciendo año tras año, debido a los cambios en las técnicas de producción porcina y el cambio de concepto acerca de los beneficios del consumo de esta carne frente a las demás (pollo, res, pescado). El porcentaje de crecimiento de la producción porcina en Colombia durante los últimos 4 años ha sido en promedio del 5.28% (Ver Tabla 9).

Tabla 9. Sacrificio de ganado porcino los últimos cuatro años

	T o t a l		Tasa crecimiento
	Cabezas	K i l o s	
Total 2002	961.87	75.846.3	
Total 2003	982.30	79.481.6	2,12%
Total 2004	1.072.48	91.078.7	9,18%
Total 2005	1.191.31	102.089.0	11,08%
Total 2006	1.176.43	102.116.1	-1,25%
	Promedio		5,28%

Fuente: Estadísticas [en línea]: Sacrificio de Ganado. Bogotá: Dane, 2007. [consultado 19 de febrero de 2007]. Disponible en internet: <http://www.dane.gov.co>

Por esta razón Colombia debe prepararse para enfrentarse a cambios en el comercio y ser competitivos en este sector a nivel internacional, tecnificando sus actividades agropecuarias para incrementar su productividad.

5.3 COMPETENCIA

Actualmente en el mercado existe una gran variedad de productos que facilitan y apoyan las labores de alimentación de las granjas. Estos productos se clasifican en tres grandes grupos: comederos o tolvas de alimentación, dosificadores volumétricos y dosificadores automáticos.

Los comederos están compuestos de una tolva plástica o metálica en la parte superior y un plato fabricado en lámina galvanizada en la parte inferior, en el que cae el alimento abastecido por la tolva. Estos suministran el alimento por medio de un mecanismo el cual es accionado por el animal, es decir que estos se alimentan cada vez que deseen siendo esta una desventaja del producto, ya que los animales van consumir más de la cantidad de alimento requerida, la cual no va a ser asimilada por su organismo que, a su vez, se va a ver reflejado en los costos operativos de la granja. Otra desventaja de este producto, además del espacio que ocupan, es el alto costo de cada unidad, que oscila entre \$500.000 y \$1.500.000 dependiendo de su capacidad y calidad. Debido a su diseño y funcionamiento, estos comederos deben ser instalados en el piso, dentro de los corrales, por lo tanto están expuestos a ser maltratados por los animales disminuyendo considerablemente su vida útil.

Por otro lado, los dosificadores volumétricos están conectados a una línea de alimentación o bien a una tolva en la parte superior de estos. Están compuestos por un recipiente plástico traslúcido que permite ver el volumen de alimento contenido en su interior, una escala volumétrica la cuál sirve como guía para calcular la cantidad de alimento a suministrar, un mecanismo de ajuste del volumen del recipiente y un sistema de cierre y apertura ubicado en la parte inferior del recipiente, la cual se encarga de dejar caer el alimento a los comederos de los corrales. El usuario debe graduar manualmente el volumen del recipiente

de acuerdo a la cantidad de alimento que desee suministrar a cada animal. Estos dosificadores tienen la opción de ser instalados con un mecanismo automático que acciona el sistema de cierre y apertura del recipiente o puede ser manejado manualmente. Aunque en comparación con los comederos o tolvas de alimentación, estos ocupan muy poco espacio y pueden ser ubicados en un nivel intermedio entre el techo y el piso quedando fuera del alcance de los animales, una de las desventajas de este sistema es que solo está en capacidad de alimentar individualmente ya que su funcionamiento no es continuo. Por esta razón el costo de instalación de este sistema puede llegar a ser muy costoso.

En cuanto a los dosificadores automáticos, son estos la mejor alternativa para los ganaderos, debido a que su funcionamiento es continuo y están en capacidad de alimentar a un grupo numeroso de animales lo cual disminuye el costo de inversión, aunque no se encuentran con facilidad en el mercado.

En la Tabla 10. se relacionan las más importantes empresas que en el mundo fabrican y comercializan este tipo de productos.

Tabla 10. Principales empresas fabricantes de dosificadores y comederos

NOMBRE EMPRESA	PAIS	PRODUCTOS	PRECIO (\$)
Tecnofeed	España	Dosificador	177.893
		Controlador	949.978
		Fuente alimetación	424.551
Favega	España	Dosificador 	85.000
		Controlador 	1.530.000
		Brazo actuador 	782.000
		Carro poliéster 200kg 	867.000
		Comederos x 85 kg	856.800

Fuente: Tienda Ganadera [en línea]: Centro Comercial On Line. Zaragoza: Favega, 2001. [consultado 03 de febrero de 2007]. Disponible en internet: <http://www.tiendaganadera.com>

6. PROCESO DE FABRICACIÓN

6.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CONTROLADOR ELECTRÓNICO

En el proceso de fabricación del controlador electrónico se identifican tres subprocesos principales (Ver Anexo I):

- Programación del microcontrolador
- Elaboración del circuito impreso
- Ensamble de los componentes electrónicos

6.1.1 Programación del microcontrolador. Se utilizará un microcontrolador marca MICROCHIP Ref. PIC 16F877 de 14336 bytes, memoria RAM de 368 bytes, 33 pines, velocidad máxima 20 MHz (Ver Tabla 11).

Tabla 11. Materiales y herramientas programación microcontrolador

Computador
Software para el diseño y programación del microcontrolador (MPLAB IDE
Microcontrolador
Programador universal de 40 pines
Cable de conexión

La programación de las funciones a realizar por el controlador, se diseñan en el software MPLAB IDE Versión 6.30.0.0 (Microchip) (Ver Anexo J), luego se procede a verificar el funcionamiento del programa mediante la simulación del mismo, en el computador.

Una vez verificado el correcto funcionamiento del programa, se debe conectar el programador universal al puerto paralelo del computador, el cual posee una alta velocidad de transferencia de datos, mediante el cable de conexión.

Se inserta el microcontrolador al programador universal y se programa (quemado del PIC).

6.1.2 Elaboración del circuito impreso. Para la elaboración del circuito impreso se utilizará el método fotográfico, el cual se lleva a cabo a partir de un fotolito negativo impreso partiendo de un diseño por computador en el software **EAGLE**.

Los materiales requeridos para el proceso de fabricación de circuitos impresos se relacionan en la Tabla 12.

Primero, se elabora el diseño del circuito en el software **EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor) Version 4.11 for Windows, Professional TSRh Edition**. Luego se imprimen las pistas en una hoja de acetato (negativo).

Posteriormente, se corta la placa con las dimensiones requeridas para la impresión del circuito y se limpia perfectamente.

Tabla 12. Materiales impresión de circuitos

Software para el diseño de circuitos electrónicos (Eagle 4.11).
Placa fotosensible de fibra fenólica (baquelita) o fibra de vidrio
Revelador en polvo.
Atacador rápido.
Cloruro férrico.
2 clips.
Pincel.
Maquina Insoladora para el grabado de placas fotosensibles (Tubo luz fluorescente Luz de Día 15W (TLD-15W))
Pinzas

En un cuarto oscuro se aplica atacador rápido o sensibilizador con un pincel de cerdas finas a la placa, de manera uniforme hasta formar una capa que cubra toda la placa. Se dejar secar y luego aplicar una segunda capa y se deja secar. Se vacía la cantidad suficiente de revelador en un recipiente **no metálico** y se prepara otro recipiente con agua jabonosa.

Se coloca el negativo encima de la placa, cuidando que no quede al revés y se colocan los clips, situándolo entre los dos cristales de la máquina insoladora y se cierra. Se deja actuar durante 30 minutos.

Luego, se saca la placa de la máquina insoladora, se desmonta de los cristales y se retira el negativo.

La placa es sumergida en el líquido revelador con las pinzas, cuidando no raspar la superficie de cobre de la misma y se agita.

Después, se retira la placa del líquido revelador con las pinzas y se mete en el recipiente con agua jabonosa agitándola.

En seguida, se sumerge la placa en el baño de cloruro férrico, con lo cual la acción corrosiva del cloruro actúa sobre las superficies descubiertas de la tinta metálica, obteniendo así el Circuito impreso.

Finalmente, se enciende la luz del cuarto oscuro y se limpia la placa con un chorro de agua y se deja secar. Se revisa el estado de las pistas en la superficie de la placa y si es necesario se retocan las que lo requieran.

6.1.3 Ensamble de componentes electrónicos. Las herramientas requeridas para el ensamble de los componentes electrónicos se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Herramientas proceso de ensamble de componentes

Taladro de árbol
Broca de 1mm de diámetro
Equipo de soldadura
Plataforma para reparaciones y montajes
Multímetro CC y CA de 0.2V-1000V 2mA-10 ^a
Pasta para soldar.
Bobina de estaño.
Laca protectora de circuitos, inerte, aislante y anticorrosión.

Cuando se obtiene el circuito impreso, se procede a perforar la placa en los puntos donde se ensamblarán los componentes electrónicos, con la ayuda del taladro de árbol.

Luego se monta la placa en la plataforma para montaje y, con la ayuda del equipo de soldadura, se procede a soldar con estaño los componentes a la placa, teniendo cuidado que las soldaduras no se junten entre sí.

Una vez se hayan soldado todos los componentes, se cubre la placa en la superficie impresa, con laca protectora de circuitos la cual protege el circuito impreso de la corrosión.

Finalmente, el controlador es insertado en una cubierta plástica la cual tiene como objetivo proteger los componentes electrónicos de golpes, polvo, humedad, etc., y es empacado individualmente en cajas de cartón plegadizas de 20x15x10cm con

protectores de icopor para conservar su integridad en la etapa de almacenamiento y transporte hacia su destino final.

6.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL DOSIFICADOR

Para la fabricación de las piezas del mecanismo dosificador se utiliza un torno horizontal y una fresadora cuyas características técnicas se describen en las Tablas 14 y 15.

El proceso de fabricación de cada una de las piezas y los materiales utilizados se detalla en las respectivas cartas de proceso (Ver Anexo K).

Tabla 14. Características técnicas torno horizontal

Marca	WMW
Origen	Aleman
Accesorios	Lunetas
Distancia entre centros	3000 mm
Volteo sobre bancada	3150 mm
Peso	16 Tm
Potencia motor	61 kW
Tipo	Carro/sobre mesas
Velocidades min/max	11,2/75 rpm
Volteo sobre carro	2500 mm

Tabla 15. Características técnicas fresadora

Tipo	Universal
Superficie de servicio del banco	1.270 x 300
Motor principal (HP)	3
Motor avance (HP)	2
Límite vel. Husillo	40 a 1.200 rpm
Dimensiones	1.730 x 1.370 x 2.000

La cubierta se elabora en Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV), la cual es fabricada por un proveedor externo (Ver Anexo L).

El material utilizado en el tornillo sinfín es Poliamida 610 y el alma en acero 1020. Estas piezas son procesadas en el torno horizontal. El mismo material se utiliza en los engranajes, los cuales son fabricados en el torno horizontal y la fresadora (Ver Anexo K). Las características técnicas de los materiales se detallan en las Tablas 16 y 17.

Tabla 16. Características técnicas Poliamida 66 (reforzado con fibra de vidrio 25%)

CARACTERÍSTICA	Und	Valor típico
Densidad	g/cm ³	1,3
Absorción de agua	%	0,8-1,2
Resistencia a la tensión	N/mm ²	100-120
Elongación	%	5-6
Módulo elástico	N/mm ²	7000

Fuente: BODINI, Gianni; CACCHPESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación del plásticos. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Mc Graw Hill, 1992. p. 68.

Tabla 17. Características técnicas Poliamida 610

CARACTERÍSTICA	Und	Valor típico
Densidad	g/cm ³	1,08
Absorción de agua	%	0,04-0,06
Resistencia a la tensión	N/mm ²	50-60
Elongación	%	85-150
Módulo elástico	N/mm ²	1300-1600

Fuente: BODINI, Gianni; CACCHPESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación del plásticos. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Mc Graw Hill, 1992. p. 68.

6.2.3 Proceso de ensamble. Esta actividad se realiza de forma manual (Ver Anexo N).

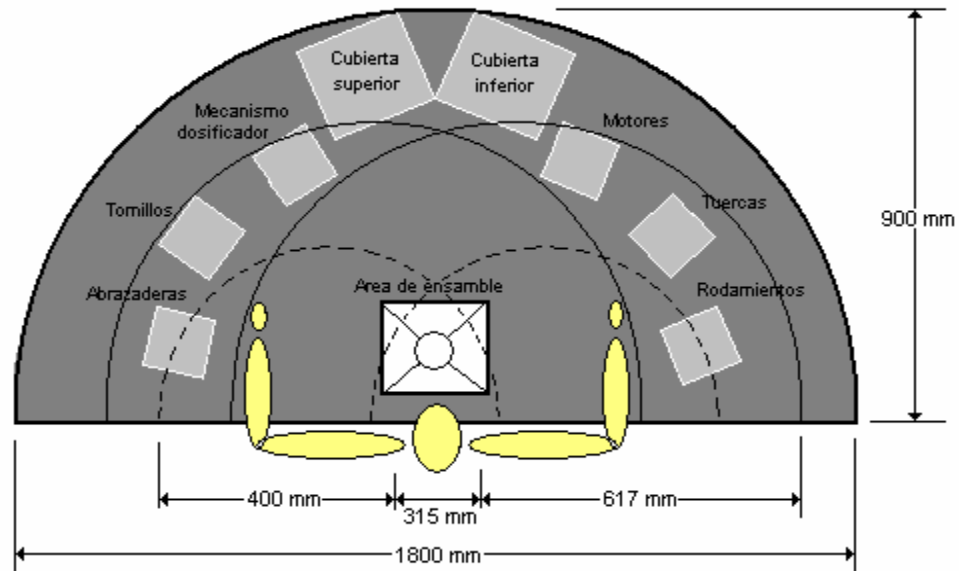
Las partes del dosificador son almacenadas en el puesto de ensamble, en unos dispositivos cuya función es dispensar cada una de las partes, haciendo más eficiente esta operación.

Primero se instala la cubierta superior en una cavidad ubicada en el área de ensamble de la mesa (Ver Figura 9).

Luego se ensambla el motor eléctrico que va en la parte interior de la cubierta protectora del dosificador, sujetándolo con una abrazadera. Después se procede a instalar el mecanismo dosificador.

Finalmente se une la parte superior con la parte inferior de la cubierta, colocando los tornillos y ajustándolos.

Figura 8. Esquema del puesto de trabajo sección ensamble



- **Determinación del tiempo estándar.** Con el fin de calcular el costo de producción de los dosificadores, se debe predecir el tiempo estándar del proceso de ensamble. Para lograrlo se utilizó la técnica de Tiempos Predeterminados enmarcada dentro de un sistema de movimiento promedio, el cual es usual encontrar en las operaciones industriales; utilizando el Método de Medición de Tiempo (**MTM, Methods Time Measurement**) desarrollado por Maynard, Stegemerten y Schwab, 1948 (Ver Anexo K).

Se realizó un diagrama bimanual (Ver anexo L) en el que se resumen todos los movimientos de la mano derecha e izquierda requeridos para ensamblar los componentes del dosificador. Después, se determinan los tiempos en **tmu (time measurement unit)** para cada movimiento a partir de las tablas de datos de tiempo -método.

El tiempo total en tmu, del proceso de ensamble del dosificador, es $742,4 + 176 = 918\text{tmu}$. Un (1) tmu es igual a 0,00001h, es decir 0,036 segundos; multiplicando el tiempo total en tmu por su equivalente en segundos tenemos:

$$918\text{tmu} \cdot \frac{0,036\text{seg}}{1\text{tmu}} = 33,1\text{seg}$$

Este valor no incluye suplementos por demoras personales, inevitables o fatiga, por lo tanto, éste es el tiempo normal (T_n) de la operación y se debe adicionar los suplementos.

Los suplementos asignados para este puesto de trabajo se detallan en la Tabla 18.

Tabla 18. Suplementos recomendados por ILO (*Internacional Labour Office*).

A. Suplementos constantes:	
Suplemento personal	5
Suplemento por fatiga básica	4
B. Suplementos variables:	
1. Monotonía	
a. Nivel medio	1
2. Tedio	
a. Tedioso	2
3. Condiciones atmosféricas	
	4
4. Nivel de ruido	
a. Intermitente-fuerte	2
TOTAL SUPLEMENTOS	18

Fuente: SALVENDY, Gabriel. Manual de Ingeniería Industrial. México D.F.: Editorial Limusa, 1991. p. 254.

Con 5% por necesidades personales, 4% por fatiga básica, 1% por monotonía, 2% por trabajo tedioso, 4% por condiciones atmosféricas (calor y humedad), y 2% por nivel de ruido; el operario de ensamble tiene 18% de suplementos. Teniendo este dato y el tiempo normal (T_n), se procede a calcular el tiempo estándar (T_s) de la siguiente manera:

$$T_s = T_n \times (1 + \text{suplemento})$$

$$T_s = 33,1 \text{ seg} \times (1 + 0,18)$$

$$T_s = 39 \text{ seg}$$

Es decir que en una hora se podrían ensamblar aproximadamente 90 dosificadores.

6.2.4 Almacenamiento de materia prima. Los fabricantes suministran los materiales en envases adecuados y se deben conservar allí hasta su elaboración. Se almacenarán ordenadamente, en un local seco y sin polvo, evitando toda clase de contaminación del material.

6.2.5 Almacenamiento de producto terminado. Una vez se han ensamblado los dosificadores, éstos son empacados y llevados al área de almacenamiento de producto terminado.

Si los dosificadores se almacenan durante mucho tiempo, hay que tener en cuenta que la influencia de un apilado poco apropiado puede producir una deformación. Además, al almacenarlos en locales muy calientes, pueden liberarse tensiones latentes en las piezas, que producen su deformación parcial.

También puede ocurrir en almacenajes prolongados en locales muy húmedos, la absorción de humedad (hinchamiento) que puede perjudicar la estabilidad de forma y dimensiones en los dosificadores. Por esta razón, los dosificadores son

empacados en cajas de cartón corrugado de 22x22x37cm, las cuales lo protegen del polvo, el calor y la humedad. Adicional a esto, se coloca una protección en icopor en las partes superior e inferior, la cual lo protegerá durante su almacenamiento y transporte hacia su destino final, debido a su propiedad de aislante térmico.

7. CALCULO DEL COSTO DEL DISPOSITIVO

7.1 COSTO DE LA UNIDAD DE CONTROL

Para calcular el costo de la unidad de control se considera el valor de la mano de obra y los materiales a utilizar. En el costo de la mano de obra se tiene en cuenta el tiempo que se requiere para fabricar cada unidad (Ver Tabla 19).

Tabla 19. Tiempo de ciclo unidad de control

OPERACIÓN	CONCEPTO	TE (min)
1	Imprimir pistas	0,50
2	Cortar placas	1,00
3	Insolar placas	30,00
4	Revelar placas	5,00
5	Sumergir en baño ácido	10,00
6	Perforar placa	15,00
7	Programar PIC	1,00
8	Soldar componentes	45,00
9	Ensamblar cubierta	0,30
10	Empacar	1,00

Tiempo de ciclo del sistema= 66,50

Esto significa que se requiere de 67 minutos para fabricar una unidad de control, es decir 1,11 horas. El operario devenga un salario mensual de \$500.000 y labora 182 horas al mes, o sea que el valor de una hora de mano de obra es \$2.747.

El valor de la mano de obra para fabricar una unidad de control es:

$$\text{MOD} = \$3.045/\text{unidad}$$

El valor de la materia prima se observa en la Tabla 20.

Tabla 20. Valor materia prima unidad de control

Material	Cantidad	Unidades	Valor/ud	Valor total
Cubierta	1	und	5.000	5.000
LCD	1	und	30.000	30.000
PIC	1	und	17.000	17.000
Placa baquelita 10x10 cm	1	und	1.000	1.000
Teclado	1	und	8.000	8.000
Fuente alimentación 12V	1	und	60.000	60.000
Tornillos 1/4"	4	und	10	40
Tuercas	4	und	5	20
Plegadiza (20x15x10)	1	und	460	460
TOTAL				121.520

El costo de la unidad de control se obtiene de sumar la materia prima y la mano de obra:

$$K \text{ controlador} = 121.520 + 3.045$$

$$\mathbf{K \text{ controlador} = \$124.565/\text{unidad}}$$

7.2 COSTO DEL DOSIFICADOR

Primero se calcula la tarifa hora máquina para determinar el valor de mano de obra para fabricar cada unidad de dosificación. El cálculo de la tarifa hora máquina se observa la Tabla 21.

Tabla 21. Cálculo tarifa hora máquina

Datos		No.	Detalle	Sigla	Valor
Número de días/año:	283	1	Tiempo disponible	TD	4.528 h/año
Número de horas/año:	16	2	Factor de eficiencia	FE	91,17%
Ausentismo remunerado (h):	400	3	To. Laborable del operario	TL	4.128 h/año
Salario básico:	500.000	4	Salario mensual	SM	790.000 \$/mes
Factor prestacional:	1,58	5	Costo anual MOD	KAMOD	9.480.000 \$/año
K adq. Máquina:	90.000.000	6	Costo MOD	KMOD	2.297 \$/h
To. Paro máquina:	96	7	Costo reposicion máquina	KRM	45.000.000
Vida útil:	10	8	Tiempo laborable máquina	TLM	12.384 h/año
Seguro:	0,08	9	Factor de utilización	FU	99,22%
\$/Kw:	56	10	Depreciación de la máquina	DM	10
Pot. Motor (kW):	10	11	Vida útil máquina	VU MAQ	122.880 h/año
		12	Costo de depreciación	K DEPREC	727 \$/h
		13	Valor seguro	V SEGURO	581 \$/h
		14	Costo energía	K ENERGIA	2600 \$/h
		15	Costo mantenimiento hora	K MMTO HORA	291 \$/h
		16	Costo herramientas	KH	400 \$/h
		17	Gastos de fcionamiento máq	GFM	4.599
		18	Costo anual MOI	KMOI	3.792.000
		19	Carga fabril	CF	1.282
		20	Gastos de fabrica	GF	5.881
				TAR. H/MAQ	8.177 \$/h

De las cartas de proceso para cada una de las piezas del mecanismo dosificador se obtiene el tiempo requerido para fabricar un dosificador y se obtiene el costo de mano de obra para producir una unidad (Ver Anexo K).

El tiempo total para la fabricación de las piezas es 366 minutos (6,1 horas), multiplicando esto por la tarifa hora máquina se tiene:

$$K \text{ fab} = 6,1h \times \$8.177/h$$

$$K \text{ fab} = \$49.882/\text{und}$$

A esto se le debe sumar el costo de ensamble, que se obtiene a partir del tiempo estándar de dicha operación:

$$\text{Costo hora ensamble} = \frac{\$500.000/\text{mes}}{192h/\text{mes}}$$

$$\text{Costo hora ensamble} = \$2.604$$

$$K \text{ ensamble} = 39s = 0,65h \times \$2.604/h$$

$$K \text{ ensamble} = \$1.693/\text{unidad}$$

El costo de los materiales se detallan en la Tabla 22:

Tabla 22. Valor materia prima dosificador

Material	Cantidad	Unidades	Valor/ud	Valor total
Empak N	2	Barras	8.000	16.000
Acero	1	Barras	15.000	15.000
Tubo P.V.C.	2	40cm	500	1.000
Motor eléctrico	1	und	25.000	25.000
Rodamiento	2	und	8.000	16.000
Tornillos 1``	4	und	20	80
Tuercas	4	und	15	60
Plegadiza (22x22x37)	1	und	962	962
TOTAL				74.102

Ahora sumando el costo de los materiales y la mano de obra, se obtiene el costo total del dosificador de la siguiente manera:

$$K_{\text{dosif}} = K_{\text{fab}} + K_{\text{ensamble}} + K_{\text{MP}}$$

$$K_{\text{dosif}} = 49.882 + 1.693 + 74.102$$

$$\mathbf{K_{\text{dosif}} = \$125.667/unidad}$$

$$K_{\text{total}} = K_{\text{dosis}} + K_{\text{controlador}}$$

$$K_{\text{total}} = 125.667 + 124.565$$

$$\mathbf{K_{\text{total}} = \$250.232/und}$$

El costo total de cada unidad de dosificación es de **\$250.232**.

8. CONCLUSIONES

Automatizando las actividades de alimentación de cerdos mediante el dosificador, se logra reducir el tiempo invertido en esta operación en un 90%. También se elimina la necesidad de personal destinado a esta actividad, reduciendo notablemente los costos de operación de la granja y la manipulación del alimento, evitando posibles hurtos, que es muy común encontrar en granjas grandes.

Implementando el dosificador automático, se logra eliminar los problemas de alimentación más relevantes que se presentan en las granjas, haciéndolas más eficientes y por ende más rentables. Igualmente se incrementa la calidad de la carne y se tiene un control efectivo de los inventarios de alimento concentrado, el cual representa el mayor porcentaje de los costos de operación en las granjas.

El mercado al cual va dirigido el dosificador se encuentra virgen, por lo tanto es probable que sea necesario hacer grandes esfuerzos en su comercialización porque el mercado objetivo generalmente se encuentra ubicado en zonas rurales a las cuales puede resultar más costoso desplazarse. Sin embargo, por esta misma razón, existe una gran demanda potencial que hace atractiva su comercialización.

El mejor canal de distribución para el dosificador, es directamente con el consumidor final. De esta forma se logra un contacto directo con el cliente, lo cual

se verá reflejado en su satisfacción debido a la calidad del servicio. Sin embargo se puede tener un intermediario, por ejemplo tiendas ganaderas, permitiendo disminuir costos fijos y ampliar la participación en el mercado.

Desde el punto de vista tecnológico, el proyecto es viable, ya que la maquinaria y los materiales requeridos para fabricar el producto se encuentran fácilmente en el mercado.

9. RECOMENDACIONES

Se puede considerar la posibilidad de adicionar a éste sistema, una fuente de energía auxiliar e independiente para evitar problemas en caso de anomalías en el servicio eléctrico público y dejen de funcionar los dosificadores.

El uso de este sistema se puede ampliar a la alimentación de otros animales de producción de carne, leche y huevos como pollos, codornices, vacas, conejos, etc.

El funcionamiento es el mismo, tan solo se debe variar el tamaño del dosificador y las funciones del controlador como las curvas de alimentación, propias de cada especie. De esta forma se pueden incrementar los volúmenes de venta y desarrollar una economía de escala que logre mayor rentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

BODINI, Gianni; CACCHPESSANI, Franco. Moldes y máquinas de inyección para la transformación del plásticos. Naucalpan de Juárez, Edo de México: Mc Graw Hill, 1992. 182 p.

BURBANO RUÍZ, Jorge E., GÓMEZ ORTÍZ, Alberto. Presupuestos. Enfoque moderno de planeación y control de recursos. Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill, 1998. 376 p.

GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos. México, D.F.: Mc Graw Hill, 1998. 155 p.

HEIZER, Jay, RENDEL, Barry. Dirección de la producción. Decisiones tácticas. Madrid: Prentice Hall, 2001. 451 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Santafé de Bogotá; D.C.: ICONTEC, 2002. 126 p. NTC-1486.

KINNEAR, Thomas, TAYLOR, James. Investigación de mercados. 5 ed. México D.F.: Mc Graw Hill, 1998. 874 p.

KONZ, Stephan. Diseño de instalaciones industriales. México D.F.: Editorial Limusa, 2001. 405 p.

NIEBEL, Benjamin, FREIVALDS, Andrés. Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. 10 ed. México D.F.: Editorial Alfaomega, 2001. 728 p.

OLLÉ, Montserrat; PLANELLAS, Marcel, MOLINA, Jordi, TORRES, Diego, ALFONSO, Joan M., HUSENMAN, Samuel, SEPÚLVEDA, Pedro y MUR, Ignacio. El plan de empresa. Cómo planificar la creación de una empresa. México, D.F.: Mc Graw Hill, 1998. 166 p.

RIGGS, James. Sistemas de producción. Planeación, análisis y control. México D.F.: Prentice Hall, 1989. 709 p.

SALVENDY, Gabriel. Manual de Ingeniería Industrial. México D.F.: Editorial Limusa, 1991. 538 p.

WHITE, John A., KENNETH, Case E., PRATT, David B., AGEE, Marvin H. Ingeniería económica. México D.F.: Mc Graw Hill, 2001. 514 p.

ANEXOS

Anexo A. Cursograma analítico proceso de alimentación de cerdos

CURSOGRAMA ANALÍTICO

Tipo: Operario ☒ Material ☐ Equipo ☐

Método Actual ☒
Método mejorado ☐

Fecha: Febrero 7 de 2005
Elaborado por: LUIS E. CADENA
Hoja No. 1/2

PROCESO REPRESENTADO: Alimentación de cerdos

Dist. (m)	Tiempo (min)	SIMBOLOS DEL GRÁFICO	DESCRIPCION DEL PROCESO
30	0,8	○ → □ D ▽	Desplazarse a la bodega de almacenamiento o a los silos
	2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente de transporte con el alimento requerido
25	1	○ → □ D ▽	Desplazarse a los corrales de alojamiento de los animales
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
25	0,8	○ → □ D ▽	Desplazarse a la bodega de almacenamiento o a los silos
	2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente de transporte con el alimento requerido
25	1	○ → □ D ▽	Desplazarse a los corrales de alojamiento de los animales
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral

CURSOGRAMA ANALÍTICO

Tipo: Operario ☒ Material ☐ Equipo ☐

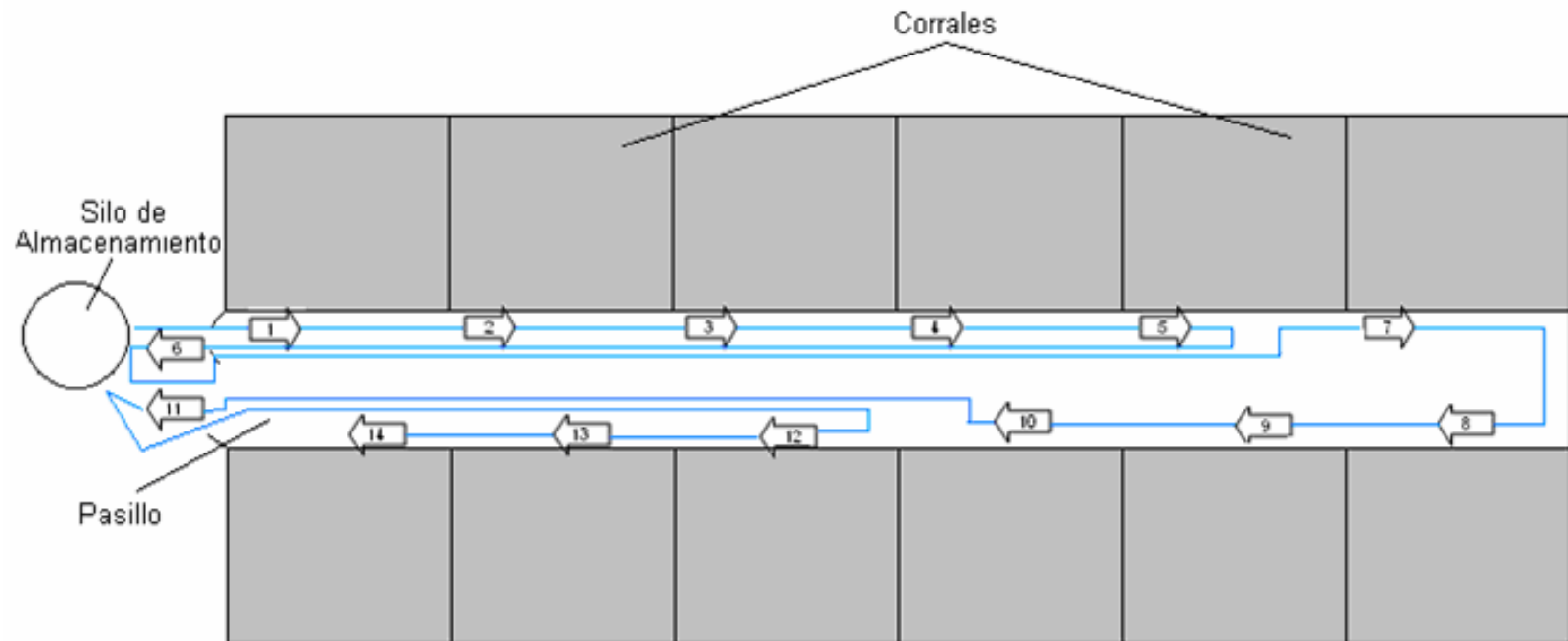
Método Actual ☒
Método mejorado ☐

Fecha: Febrero 7 de 2005
Elaborado por: LUIS E. CADENA
Hoja No. **2/2**

PROCESO REPRESENTADO: Alimentación de cerdos

Dist. (m)	Tiempo (min)	SIMBOLOS DEL GRÁFICO	DESCRIPCION DEL PROCESO
25	0,8	○ → □ D ▽	Desplazarse a la bodega de almacenamiento o a los silos
	2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente de transporte con el alimento requerido
25	1	○ → □ D ▽	Desplazarse a los corrales de alojamiento de los animales
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
5	0,2	○ → □ D ▽	Desplazarse al siguiente corral
	0,2	● → □ D ▽	Llenar el recipiente patrón con alimento
	0,3	● → □ D ▽	Vaciar el alimento en la canoa del corral
25	0,8	○ → □ D ▽	Desplazarse a la bodega de almacenamiento o a los silos
230	20,7	29 17 0 0 0	TOTAL

Anexo B. Diagrama de recorrido método actual













Anexo C. Cursograma analítico método mejorado

CURSOGRAMA ANALÍTICO

Tipo: Operario☒ Material ☐ Equipo ☐

Método Actual ☐ Fecha: Febrero 14 de 2005
Método mejorado ☒ Elaborado por: LUIS E. CADENA
Hoja No. 1/1

PROCESO REPRESENTADO: Alimentación de cerdos

Dist. (m)	Tiempo (min)	SIMBOLOS DEL GRÁFICO	DESCRIPCION DEL PROCESO
0	1	    	Determinar número de veces a alimentar en el día para cada grupo
0	1	    	Definir cantidad a suministrar en el día para cada grupo
0	2	2 0 0 0 0	TOTAL



CURSOGRAMA ANALÍTICO

Tipo: Operario ☐ Material ☐ Equipo ☒

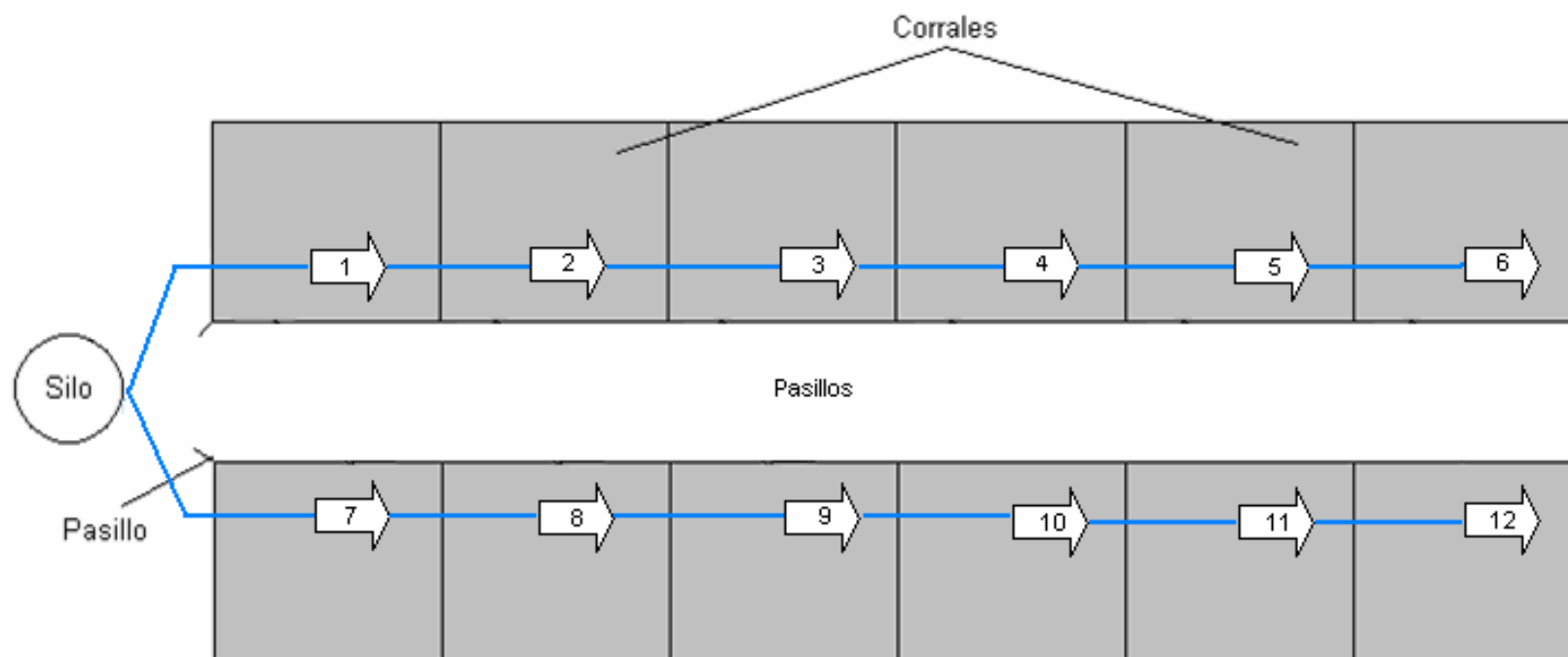
Método Actual ☐
Método mejorado ☒

Fecha: Febrero 14 de 2005
Elaborado por: LUIS E. CADENA
Hoja No. 1/1

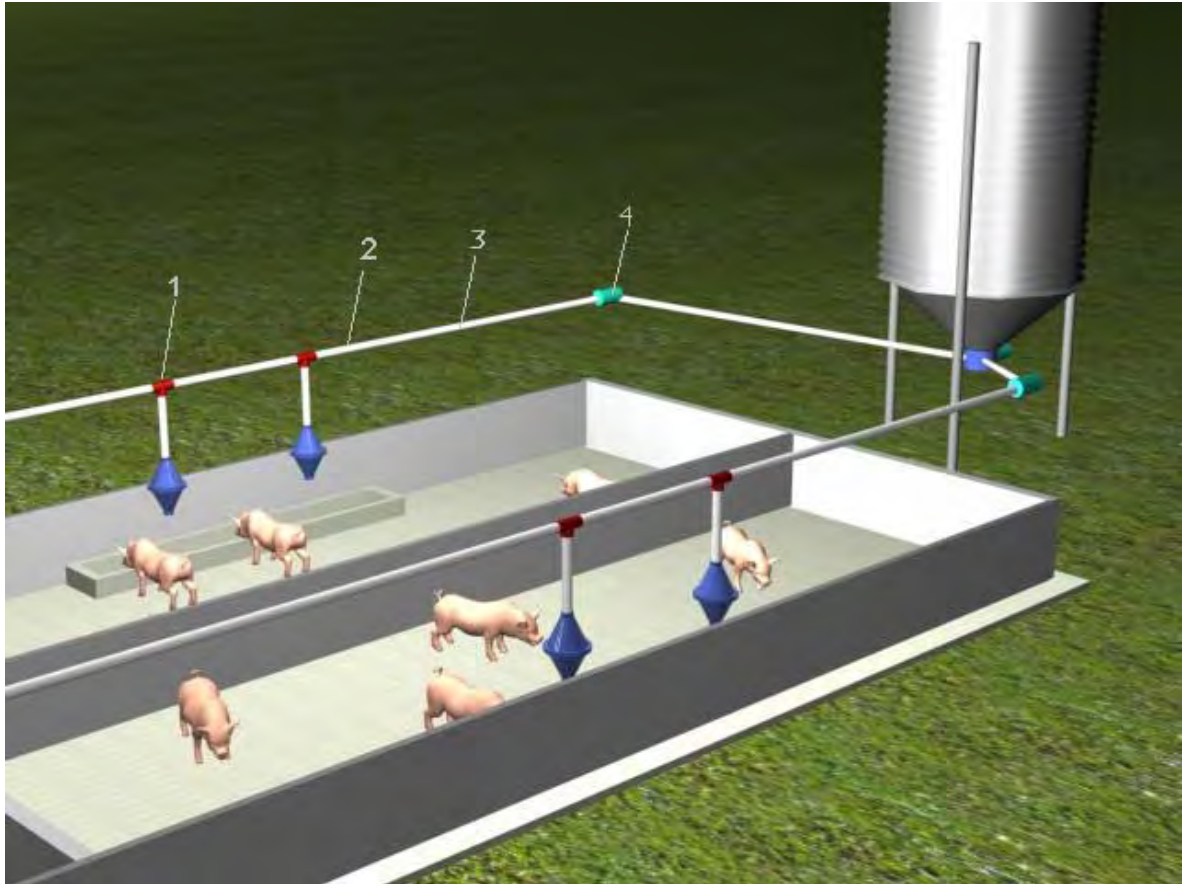
PROCESO REPRESENTADO: Alimentación de cerdos





Dist. (m)	Tiempo (min)	SIMBOLOS DEL GRÁFICO	DESCRIPCION DEL PROCESO
0	5		Llenado de la linea de distribución de alimento
0	5		Suministro de alimento controlado por los dosificadores
0	10	2 0 0 0 0	TOTAL

Anexo D. Diagrama de recorrido método mejorado



Anexo E. Esquema sistema automático de alimentación



1, Bajada "T"	
2, Tubo P.V.C.	
3, Sinfín	
4, Motor eléctrico	

DOSIFICADOR



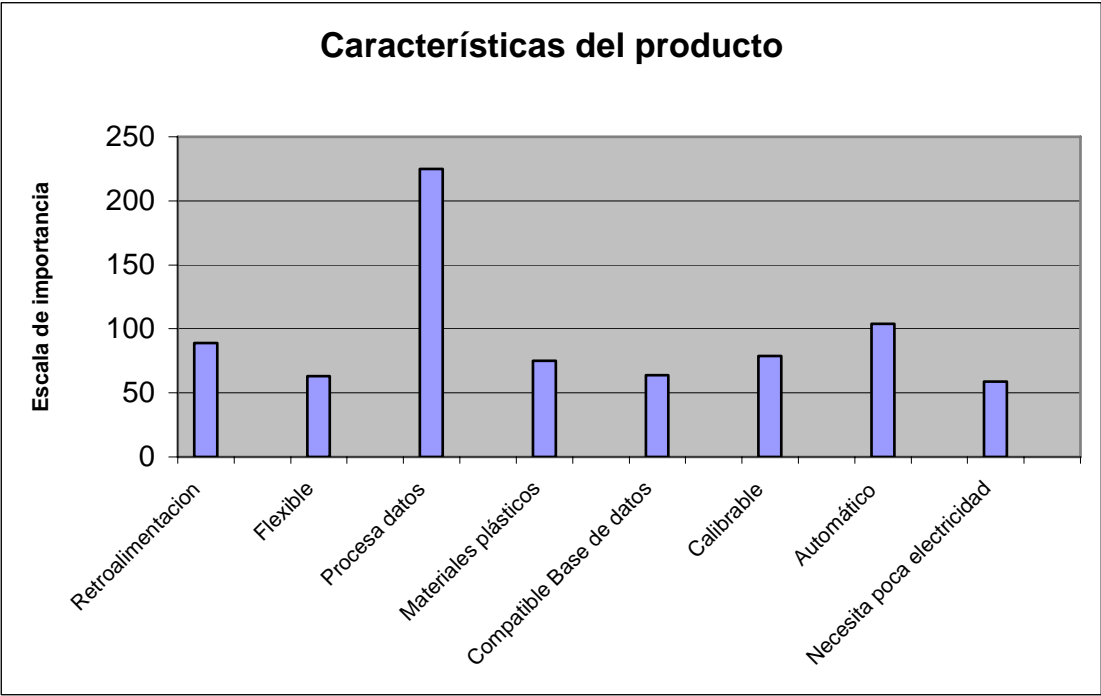
UNIDAD DE CONTROL



Anexo F. Despliegue de la función de calidad (QFD)

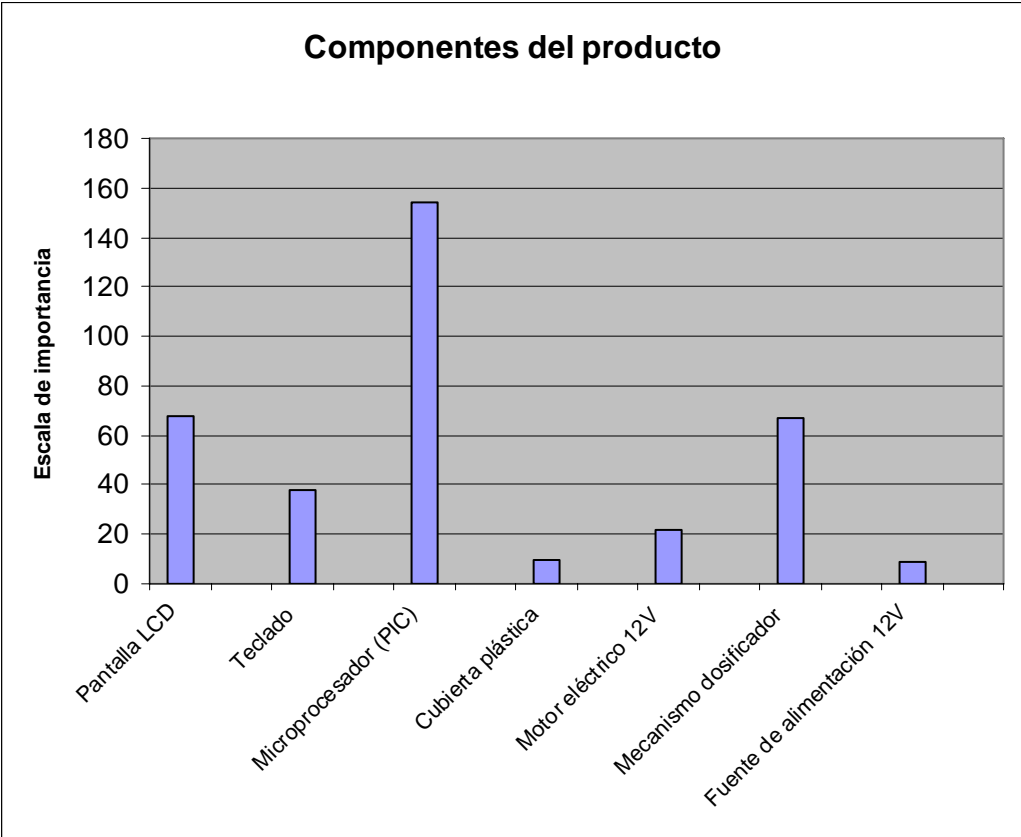
1. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

		<div> <div>● Mucha relación (5)</div> <div>○ Relación media (3)</div> <div>● Poca relación (1)</div> </div>										
		<div> <div>Escala de importancia para el cliente</div> <div>→</div> </div>										
		Retroalimentación	Flexible	Procesa datos	Materiales plásticos	Compatible Base de datos	Calibrable	Automático	Necesita poca electricidad	TECNOFEED	FAVEGA	OTROS
Reemplace MOD	8		●	●			●	●		B	P	P
Dosificación variable	7		●	●			●	●		B	I	I
Fácil de usar	3	○	○	●			●	●	●	B	B	B
Preciso	11		●	●			●	○		B	P	I
Durable	4				●					B	B	B
Interactúe con el usuario	9	●		○		●		●		B	I	I
Brinde información	6	○		●		●		●		B	I	I
Control inventario	5	○		●		●		●		B	I	I
Económico	10			●	●				●	I	P	I
Fácil instalación	2	●			●		○		○	P	B	B
Ocupe poco espacio	1				○					B	B	I
Escala importancia		89	63	225	75	64	79	104	59			



2. COMPONENTES ESPECÍFICOS DEL PRODUCTO

		<div> Mucha relación (5) Relación media (3) Poca relación (1) </div>						
		Pantalla LCD	Teclado	Microprocesador (PIC)	Cubierta plástica	Motor eléctrico 12V	Mecanismo dosificador	Fuente de alimentación 12V
Retroalimentación	7							
Flexible	1							
Procesa datos	6							
Materiales plásticos	2							
Compatible Base de datos	5							
Calibrable	4							
Automático	8							
Necesita poca electricidad	3							
Escala importancia		68	38	154	10	22	67	9

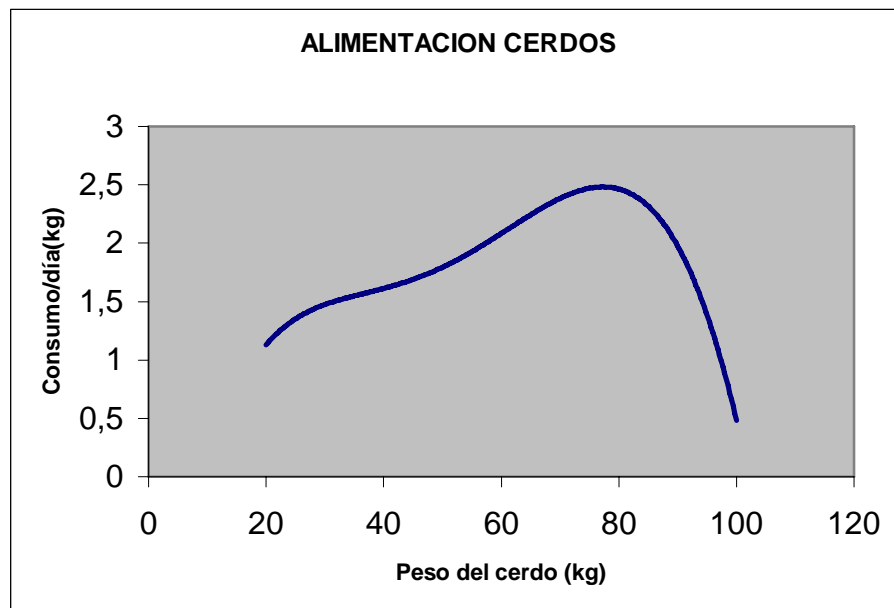


Anexo G. Curvas de alimentación de cerdos

CONSUMO DE ALIMENTO DE CERDOS DESDE 20 HASTA 100 KILOGRAMOS DE PESO

Peso del cerdo (kg)	Consumo diario (kg/día)
20-30	1,28
30-40	1,60
40-50	1,71
50-60	1,97
60-70	2,19
70-80	2,40
80-90	2,62
90-100	1,00
20-100	2,00

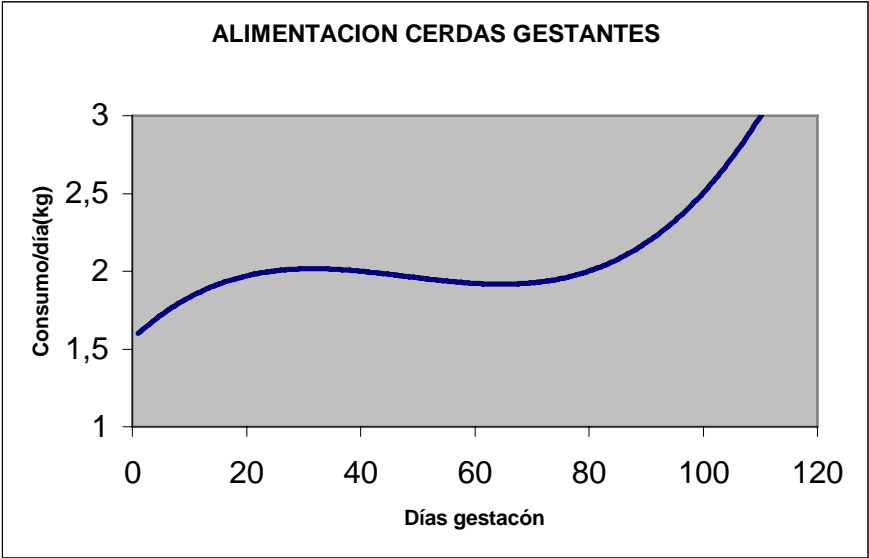
Fuente: SOYA S.A.



**CONSUMO DE ALIMENTO
EN CERDAS DE CRÍA**

Días gestación	Consumo diario (kg/día)
1-21	1,80
22-99	2,00
100-113	3,00

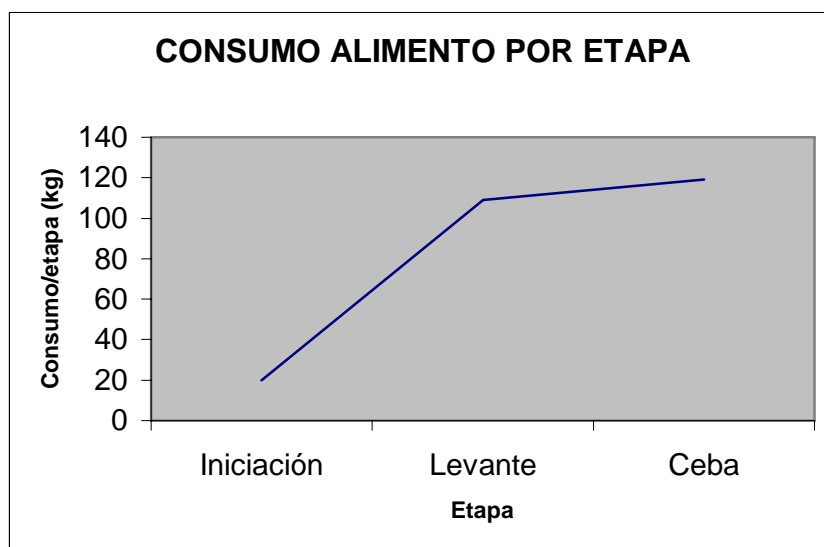
Fuente: SOYA S.A.



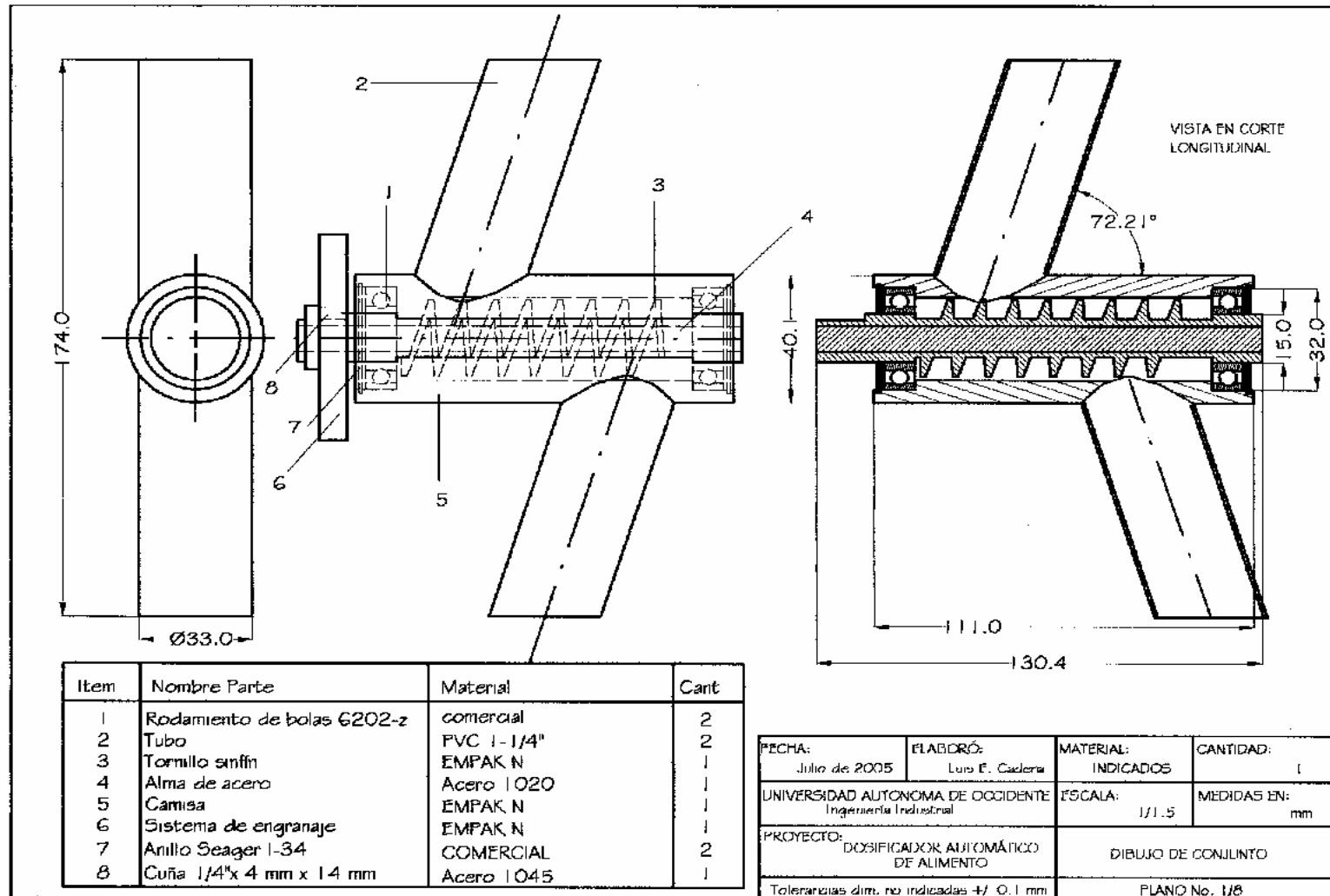
CONSUMO DE ALIMENTO POR ETAPA

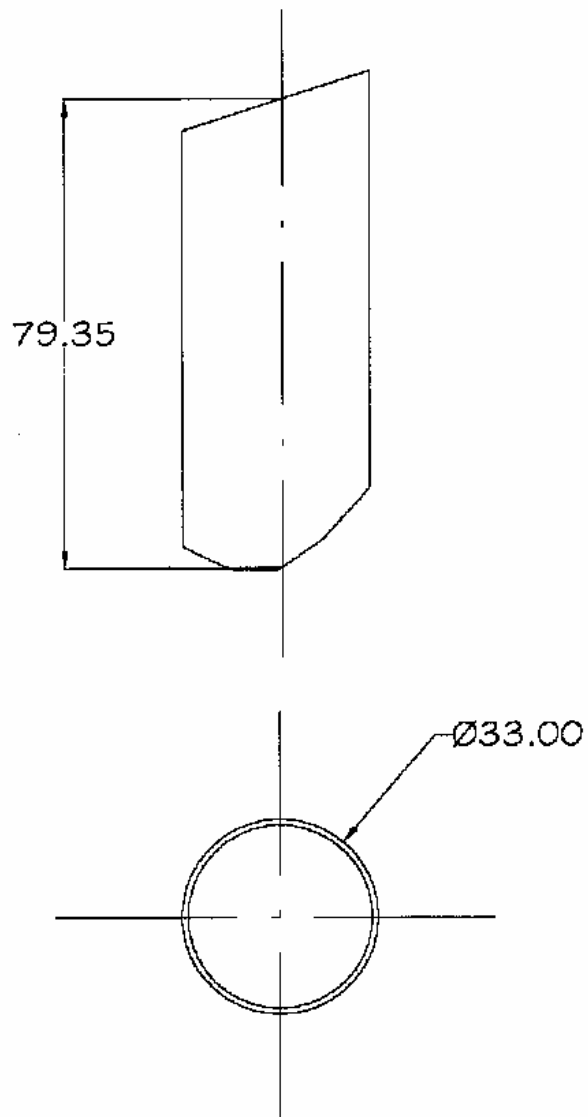
Etapa	Consumo/ etapa (kg)
Iniciación	20
Levante	109
Ceba	119

Fuente: SOYA S.A.



Anexo H. Planos de las piezas del dosificador

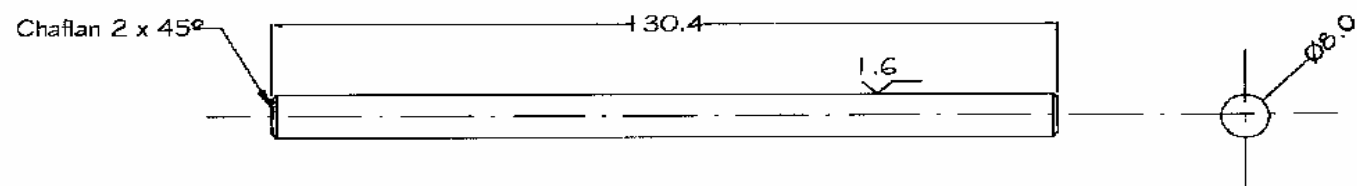




FECHA: Julio de 2005	ELABORÓ: Luis E. Cadena	MATERIAL: P.V.C. 1 1/4"	CANTIDAD: 2
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE Ingeniería Industrial		ESCALA: 1/1	MEDIDAS EN: mm
PROYECTO: DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE ALIMENTO		PARTE: TUBO ENTRADA Y SALIDA DE ALIMENTO	
Tolerancias dim. no indicadas +/- 0.1 mm		PLANO No. 2/8	

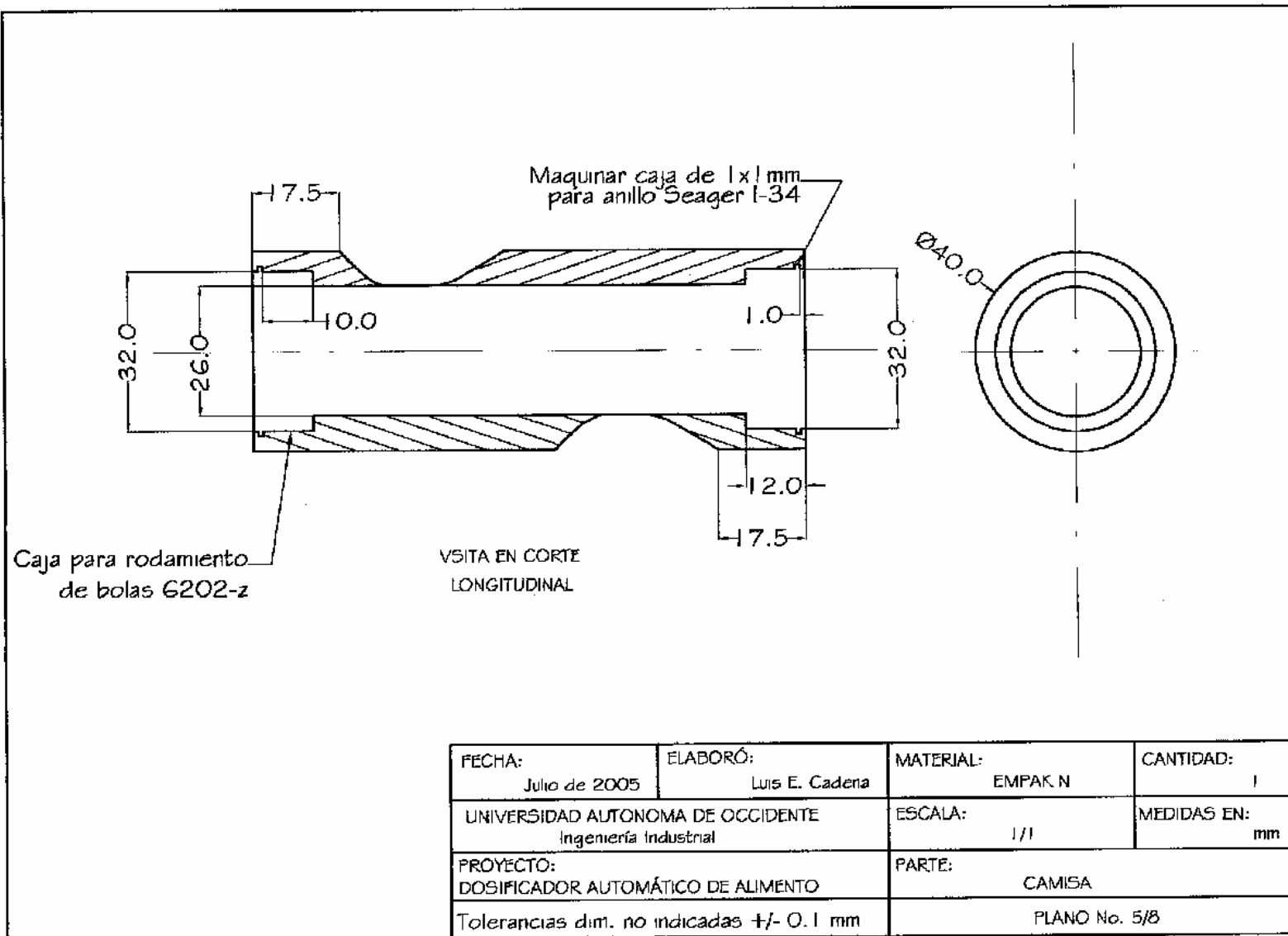


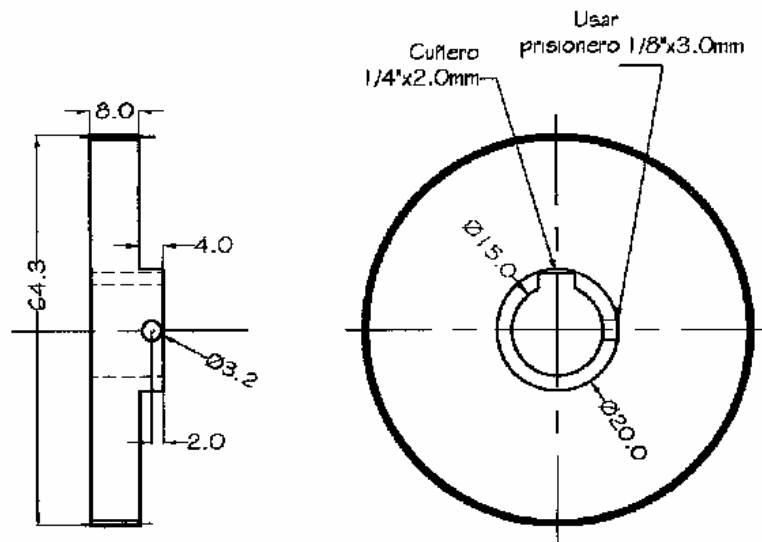
FECHA: Julio de 2005	ELABORÓ: Luis E. Cadena	MATERIAL: EMPAK N	CANTIDAD: 3
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE Ingeniería Industrial		ESCALA: 1/1	MEDIDAS EN: mm
PROYECTO: DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE ALIMENTO		PARTE: TORNILLO SINFIN	
Tolerancias dim. no indicadas +/- 0.1 mm		PLANO No. 3/8	



NOTA: Ajuste aceptado H7/H6 en todas las cotas que se requiera.

FECHA: Julio de 2005	ELABORÓ: Luis E. Cadena	MATERIAL: ACERO 1020	CANTIDAD: 1
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE Ingeniería Industrial		ESCALA: 1/1	MEDIDAS EN: mm
PROYECTO: DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE ALIMENTO		PARTE: ALMA DE ACERO	
Tolerancias dim. no indicadas +/- 0.1 mm		PLANO No. 4/8	

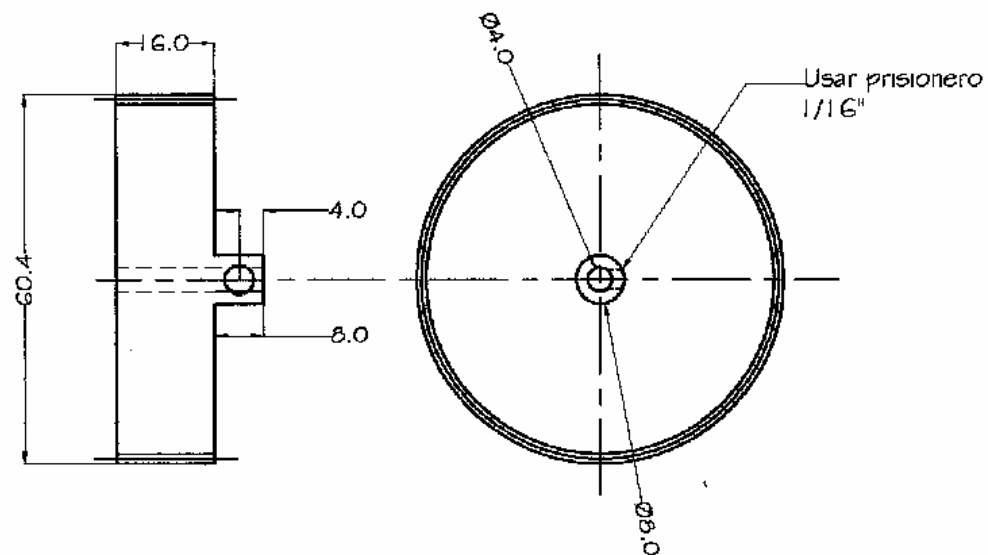




DATOS DE CORTE	
Número de dientes	80
Diámetro primitivo	6.350
Paso diametral	32
Ángulo de presión	20°
Profundidad total	0.143
Cabeza corregida	0.064

NOTA: Ajuste aceptado H7/H6 en todas las cotas que se requiera.

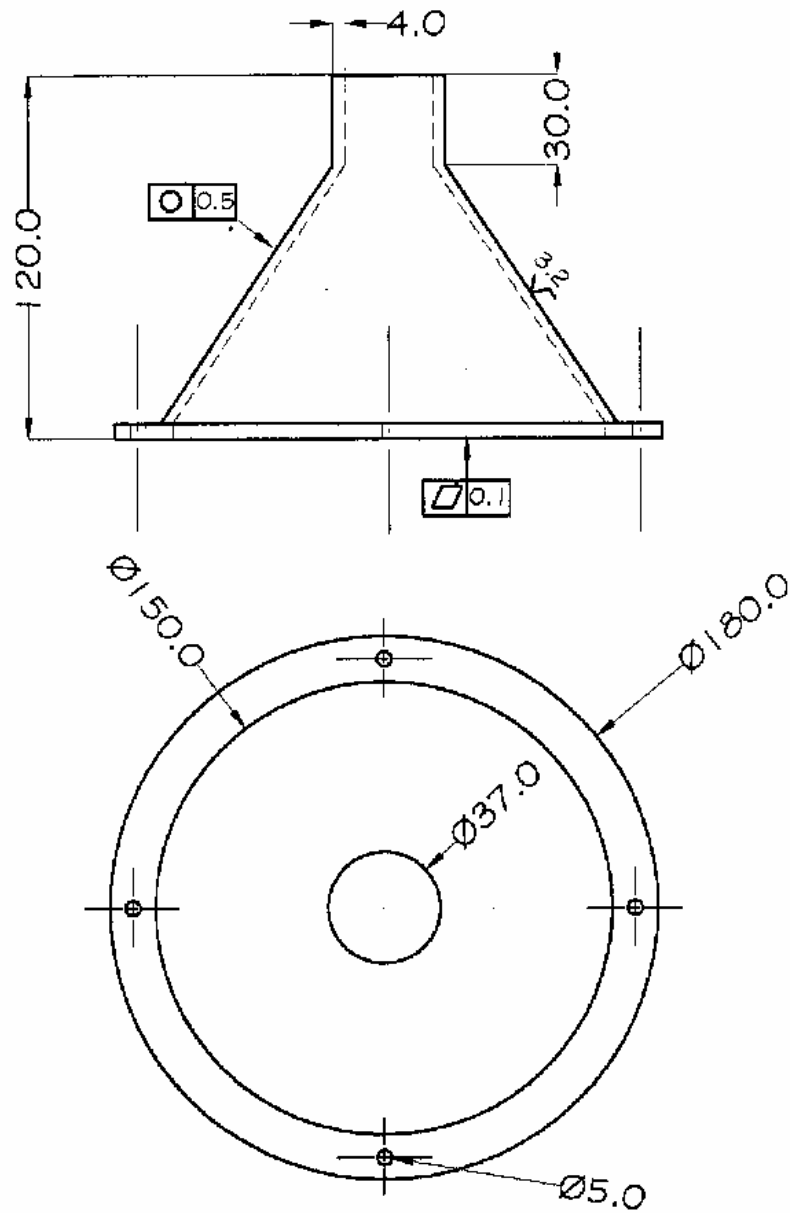
FECHA: Julio de 2005	ELABORÓ: Luis E. Cadena	MATERIAL: EMPAK N	CANTIDAD: 1
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE Ingeniería Industrial		ESCALA: 1/1	MEDIDAS EN: mm
PROYECTO: DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE ALIMENTO		PARTE: ENGRANAJE 1 (TORNILLO SINFIN)	
Tolerancias dim. no indicadas +/- 0.1 mm		PLANO No. 6/8	



DATOS DE CORTE	
Número de dientes	38
Diámetro primitivo	3.020
Paso diametral	32
Ángulo de presión	20°
Profundidad total	0.143
Cabeza corregida	0.026

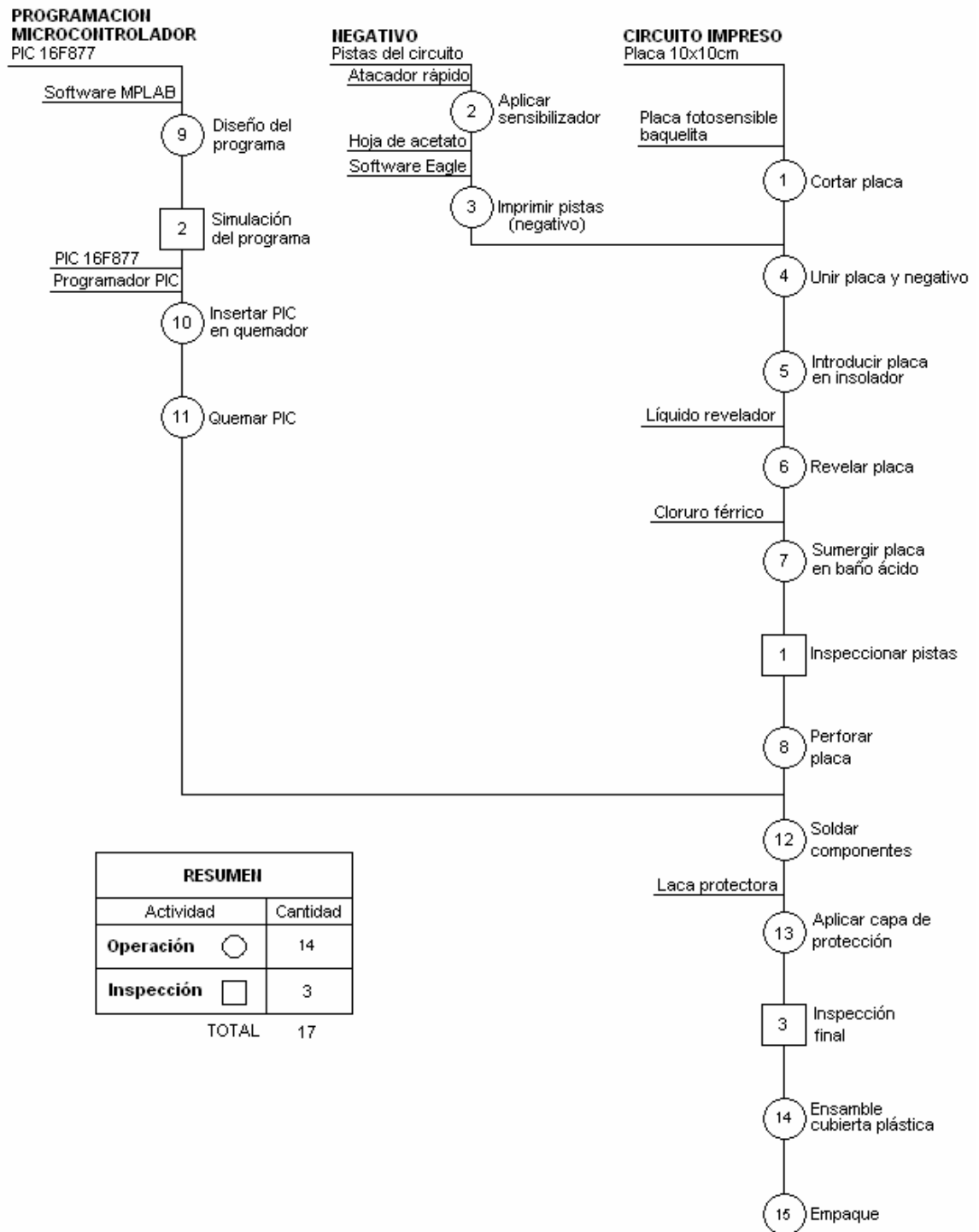
NOTA: Ajuste aceptado H7/H6 en todas las cotas que se requiera.

FECHA: Julio de 2005	ELABORÓ: Luis E. Cadena	MATERIAL: EMPAK N	CANTIDAD: 1
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE Ingeniería Industrial		ESCALA: 2/1	MEDIDAS EN: mm
PROYECTO: DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE ALIMENTO		PARTE: ENGRANAJE 2 (SALIDA MOTOR)	
Tolerancias dim. no indicadas +/- 0.1 mm		PLANO No. 7/B	

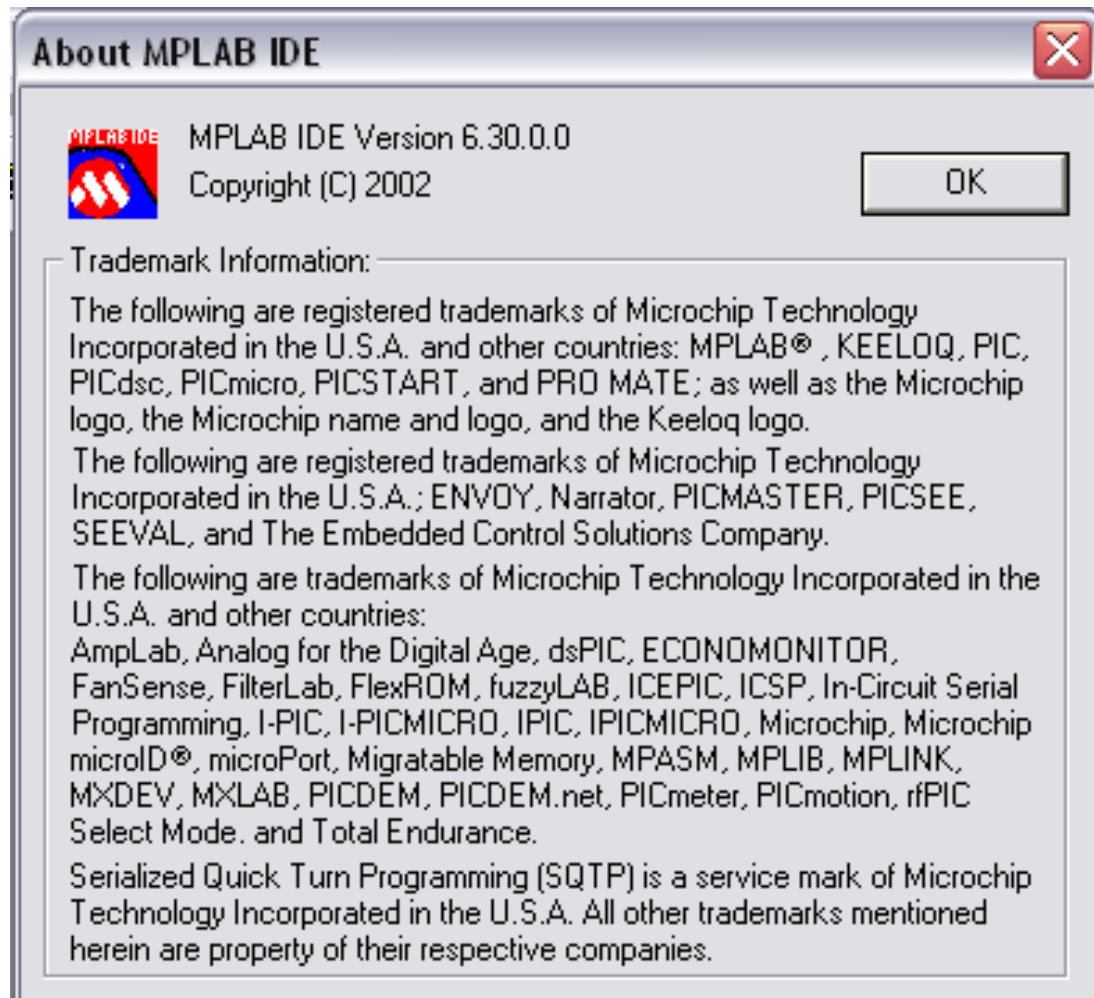


FECHA: Julio de 2005	ELABORÓ: Luis E. Cadena	MATERIAL: Plastico ref. con fibra de vidrio	CANTIDAD: 2
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE Ingeniería Industrial		ESCALA: 1/2	MEDIDAS EN: mm
PROYECTO: DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE ALIMENTO		PARTE: CARCASA	
Tolerancias dim. no indicadas +/- 0.1 mm		PLANO No: 8/8	

Anexo I. Cursograma sinóptico fabricación controlador electrónico



Anexo J. Certificado de origen software



Anexo K. Cartas de proceso de fabricación del dosificador

Descripción de la pieza:		Material:	Dimensiones:
Eje		Acero 1020	8mm x 124,35mm
No.	Operación	Máquina	te (min)
1	Tronzar y centrar	Torno	15
2	Desbastar el lado izquierdo en el torno	Torno	10
3	Desbastar el lado derecho en el torno	Torno	4
4	Efectuar el torneado de acabado	Torno	12
5	Cortar las roscas	Cortadora	5
			46

Descripción de la pieza:		Material:	Dimensiones:
Tubos entrada y salida de alimento		P.V.C.	79,35mm x 33mm
No.	Operación	Máquina	te (min)
1	Cortar parte superior del tubo (72,21°)	Cortadora	2
2	Cortar parte inferior del tubo (72,21°)	Cortadora	2
			4

Descripción de la pieza:		Material:	Dimensiones:
Camisa		Empak N	105mm x 40mm
No.	Operación	Máquina	te (min)
1	Cortar barra	Cortadora	5
2	Cilindrado externo	Torno	15
3	Cilindrado interno	Torno	25
4	Perforar interseccion tubos	Torno	30
			75

Descripción de la pieza:		Material:	Dimensiones:
Engranaje		Empak N	30,2mm x 8mm
No.	Operación	Máquina	te (min)
1	Arranque de barra en bruto	Torno	5
2	Refrendado	Torno	15
3	Cilindrado de uno de los extremos	Torno	5
4	Taladrado previo (Trazado)	Taladro	8
5	Cilindrado interior y escareado	Torno	10
6	Brochado interior	Torno	15
7	Dentado	Fresa	20
8	Barrenado	Fresa	15
9	Machuelado interior	Fresa	20
			113

Descripción de la pieza:		Material:	Dimensiones:
Engranaje		Empak N	64,3mm x 8mm
No.	Operación	Máquina	te (min)
1	Arranque de barra en bruto	Torno	5
2	Refrendado	Torno	15
3	Cilindrado de uno de los extremos	Torno	5
4	Taladrado previo (Trazado)	Taladro	8
5	Cilindrado interior y escareado	Torno	10
6	Brochado interior	Torno	15
7	Dentado	Fresa	35
8	Barrenado	Fresa	15
9	Machuelado interior	Fresa	20
			128

Anexo L. Cotización cubierta

PLASTIMED LTDA

Santiago de Cali, enero 23 de 2007

COTIZACIÓN No. 2487

Señor:
LUIS CADENA
L.C.

Atendiendo a su solicitud de cotización para fabricar una carcasa en Plástico Reforzado en Fibra de Vidrio relaciono los siguientes valores:

- Carcasa (unidad): \$30.000
- Molde (una sola unidad): \$150.000

Quedo atento a sus comentarios.

Cordialmente,

JAIME ANDRÉS BUSTOS
GERENTE COMERCIAL
PLASTIMED LTDA.

Anexo M. Tablas MTM

TABLA IX – MOVIMIENTOS DEL CUERPO, PIERNA Y PIE

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DISTANCIA	TIEMPO NIVELADO TMU
Movimiento del pie.- Giro alrededor del tobillo. Con gran presión.	FM	Hasta 10 cm.	8.5
	FMP		19.1
Movimiento de la pierna o del muslo	LM	Hasta 15 cm. Cada cm. adicional	7.1 0.5
Paso lateral- Caso 1 – se termina cuando la pierna de salida hace contacto con el suelo.	SS – C1	Menos de 30 cm.	Un tiempo de Alcanzar o Mover
		30 cm. Cada cm. adicional	17.0 0.2
Caso 2 – La pierna retrasada ha de hacer contacto con el suelo antes de que pueda realizar el siguiente movimiento.	SS – C2	30cm. cada cm. adicional	34.1 0.4
Doblarse, agacharse o arrodillarse en una rodilla.	B,S, KOK AB, AS, AKOK		29.0 31.9
Levantarse	KBK AKBK		69.4 76.7
Arrodillarse en el suelo.- Ambas rodillas Levantarse			
Sentarse	SIT		34.7
Levantarse desde la posición de sentado Girar el cuerpo 45 a 90 grados	STD		43.4
Caso 1 – Termina cuando la pierna de salida hace contacto con el suelo.	TBC1		18.6
Caso 2 – La pierna retrasada ha de hacer contacto con el suelo antes de que se pueda realizar el siguiente movimiento.	TBC2		37.2
Andar	W-M	Por metro	17.4

Girar

Esfuerzo		Angulo de Rotación en grados										
		30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
S Ligero	0 a 1 lg.	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4
M Medio	>1 a 5 lg.	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8
L Grande	>5 a 10 lg.	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	26,2

Enfoque y Recorrido ocular

ET Tiempo de recorrido ocular = 15,2 x T/D TMU
Donde, T = distancia entre los puntos de recorrido ocular. D = distancia perpendicular desde el ojo a la línea de recorrido T. valor máximo 20 TMU.
EF Tiempo de enfoque = 7,3 TMU

Aplicar Presión

Comprende un reasir	AP1	16,2
No comprende un reasir	AP2	10,6

Posicionar

Clase de ajuste		Orientación	Manejo	
			E (fácil)	D (difícil)
1	No requiere presión	S	5,6	11,2
		SS	9,1	14,7
		NS	10,4	16,0
2	Requiere presión ligera	S	16,2	21,8
		SS	19,7	25,3
		NS	21,0	26,6
3	Requiere presión intensa	S	43,0	48,6
		SS	46,5	52,1
		NS	47,8	53,4

Soltar

Caso	TMU	DESCRIPCIÓN
1	2,0	Soltar normal ejecutado al separar los dedos como movimiento independiente
2	0	Soltar el contacto

Coger

G1	A	Coger un objeto fácil de coger	2
	B	Coger un objeto muy pequeño Coger un objeto plano	3,5
	C	Coger un objeto caso cilíndrico cuando hay obstáculos que impiden cogerlo por debajo y por el lado	
		C1 Diámetro > 12 mm.	7,3
		C2 6 mm < Diámetro ≤ 12 mm.	8,7
		C3 Diámetro ≤ 6 mm	10,8
G2		Reasir, modificar la forma de coger un objeto sin soltarlo.	5,6
G3		Pasar un objeto de una mano a otra	5,6
G4		Coger un objeto mezclado con otros de tal suerte que hay búsqueda y selección:	
	A	Dimensiones > 25x25x25 mm.	7,3
	B	6x6x3 mm.< Dimensiones ≤ 25x25x25 mm.	9,1
	C	≤ 6x6x3 mm	12,9
	G5	Coger un objeto por contacto o cuando los dedos ejercen un control parcial sobre el objeto.	0

Mover

Distancia Distancia cm.	Tiempo nivelado TMU (U _{1.00})						CASO Y DESCRIPCIÓN				
	A	B	C	nMB MBm	n(B)	Con Esfuerzo					
						Kg	Const. Estática	Const. Dinámica			
2 o menos	2	2	2,0	1,7	0,3	De 0 a 1,25	0	1	A Mover un objeto hasta la otra mano o contra un tope		
4	3,1	3,8	4,5	2,6	1,2	>1,25 a 2,5	1,9	1,04			
6	4,1	5,0	5,8	3,1	1,9						
8	5,1	6,0	7,0	3,7	2,3						
10	6,1	6,9	8,0	4,2	2,7	>2,5 a 5	3,3	1,09		B Mover un objeto hasta un emplazamiento aproximado o indefinido	
12	7,0	7,7	8,9	4,8	2,9						
14	7,7	8,5	9,6	5,4	3,1						
16	8,3	9,2	10,3	5,9	3,3						
18	8,9	9,9	11,0	6,5	3,4		>5 a 7,5	5,2	1,15		
20	9,6	10,5	11,7	7,0	3,5						
22	10,2	11,1	12,3	7,6	3,5	>7,5 a 10	7,1	1,21	C Mover un objeto hasta un emplazamiento preciso o con precisión		
24	10,6	11,7	13,0	8,2	3,5						
26	11,4	12,2	13,7	8,7	3,5		>10 a 12,5	9,0			
28	12,1	12,7	14,4	9,3	3,4						
30	12,7	13,2	15,1	9,8	3,4						
35	14,2	14,4	16,8	11,2	3,2	>12,5 a 15	10,9	1,34			
40	15,8	15,6	18,4	12,6	3,0						
45	17,4	16,8	20,1	14,0	2,8		>15 a 17,5	12,8			
50	18,9	18,0	21,8	15,4	2,6						
55	20,5	19,2	23,5	16,8	2,4						
60	22,1	20,4	25,2	18,1	2,3	17,5 a 20	14,7	1,46			
65	23,6	21,6	26,9	19,5	2,1						
70	25,2	22,8	28,6	20,9	1,9		>20 a 22,5	16,6			
75	26,8	24,0	30,3	22,3	1,7						
80	28,3	25,2	32,0	23,7	1,5						
5 por encima	1,6	1,2	1,7	1,4							

Alcanzar

Distancia Distancia cm.	Tiempo nivelado TMU (UTM)							CASO Y DESCRIPCIÓN
	A	B	C o D	E	Mano en Movimiento			
					A	B	M(B)	
2 o menos	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	0.4	A. Alcanzar a un objeto en situación fija o a un objeto en la otra mano o sobre el cual descansa la otra mano.
4	3.4	3.4	5.1	3.2	3.0	2.4	0.8	
6	4.5	4.5	6.5	4.4	3.9	3.1	1.5	
8	5.5	5.5	7.5	5.5	4.6	3.7	2.0	
10	6.1	6.3	8.4	6.8	4.9	4.3	2.4	
12	6.4	7.4	9.1	7.3	5.2	4.8	2.6	B. Alcanzar a un solo objeto en situación que puede variar ligeramente de un ciclo al siguiente.
14	6.8	8.2	9.7	7.8	5.5	5.4	2.9	
16	7.1	8.8	10.3	8.2	5.8	5.9	2.9	
18	7.5	9.4	10.8	8.7	6.1	6.5	2.9	
20	7.8	10.0	11.4	9.2	6.5	7.1	2.8	
22	8.1	10.5	11.9	9.7	6.8	7.7	2.9	C. Alcanzar a un objeto amontonado con otros de un grupo, de forma que ocurra buscar y seleccionar.
24	8.5	11.1	12.5	10.2	7.1	8.2	2.9	
26	8.8	11.7	13.0	10.7	7.4	8.8	2.8	
28	9.2	12.2	13.6	11.2	7.7	9.4	2.8	
30	9.5	12.8	14.1	11.7	8.0	9.9	2.9	
35	10.4	14.2	15.5	12.9	8.8	11.4	2.8	D. Alcanzar a un objeto muy pequeño o donde es necesario coger con mucha precisión.
40	11.3	15.6	16.8	14.1	9.6	12.8	2.8	
45	12.1	17.0	18.2	15.3	10.4	14.2	2.8	
50	13.0	18.4	19.6	16.5	11.2	15.7	2.7	
55	13.9	19.8	20.9	17.8	12.0	17.1	2.8	
60	14.7	21.2	22.3	19.0	12.8	18.5	2.8	E. Alcanzar a una situación indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o dispuesta para realizar el próximo movimiento, o donde no estorbe.
65	15.6	22.5	23.6	20.2	13.5	19.9	2.7	
70	16.5	24.1	25.0	21.4	14.3	21.4	2.7	
75	17.3	25.5	26.4	22.6	15.1	22.8	2.7	
80	18.2	26.9	27.7	23.9	15.9	24.2	2.6	
5 por encima	0.9	1.4	1.4	1.2	0.8	1.4		

Anexo N. Diagrama bimanual ensamble dosificador

DIAGRAMA BIMANUAL

Método Actual ☒ X
Método mejorado ☐

Fecha: Abril 14 de 2005
Elaborado por: LUIS E. CADENA
Hoja No. 1/2

PROCESO REPRESENTADO: Ensamble dosificador

INICIA: Alcanzar tuercas

TERMINA: Mover el dosificador hasta el área de empaque

MANO IZQUIERDA	SIMBOLOS DEL GRÁFICO	CLASIF. MTM MI	tmu	CLASIF. MTM MD	SIMBOLOS DEL GRÁFICO	MANO DERECHA
Alcanzar tuercas		R20A	13,1	R20A		Alcanzar tuercas
Tomar tuercas (2)		G1A	4	G1A		Tomar tuercas (2)
Moverlas al área de ensamble		M20C	22,1	M20C		Moverlas al área de ensamble
Colocar tuercas en cabidad del área de ensamble (2)		P2S	32,4	P2S		Colocar tuercas en cabidad del área de ensamble (2)
Soltar tuercas		RL1	2	RL1		Soltar tuercas
Alcanzar mecanismo dosificador		R24A	14,9	R24A		Alcanzar cubierta inferior
Tomar mecanismo		G1A	2	G1A		Tomar cubierta
Mover al área de ensamble		M24B	25,5	M24C		Mover al área de ensamble
			19,7	P2SS		Colocar cubierta en cabidad del área de ensamble
			2	RL1		Soltar cubierta
			11,4	R16A		Alcanzar rodamiento
			2	G1A		Tomar rodamiento
			16	M16A		Mover al área de ensamble
			43	P3S		Ensamblar rodamiento en mecanismo dosificador
			2	RL1		Soltar rodamiento
Ensamblar tornillo sinfín		P3NS	53,4	P3NS		Ensamblar tornillo sinfín
Soltar		RL1	2	RL1		Soltar
Alcanzar abrazadera		R16A	14,9	R24A		Alcanzar motor

DIAGRAMA BIMANUAL

Método Actual ☒
 Método mejorado ☐

Fecha: Abril 14 de 2005
 Elaborado por: LUIS E. CADENA
 Hoja No. 2/2

PROCESO REPRESENTADO: Ensamble dosificador

INICIA: Continúa
 TERMINA:

MANO IZQUIERDA	SIMBOLOS DEL GRÁFICO	CLASIF. MTM MI	tmu	CLASIF. MTM MD	SIMBOLOS DEL GRÁFICO	MANO DERECHA
Tomar abrazadera		G1A	2	G1A		Tomar motor
Mover al área de ensamble		M16B	25,5	M24C		Mover al área de ensamble
Ajustar abrazadera		T90A	5,4	G1A		Sostener motor
Soltar abrazadera		RL1	2	RL1		Soltar motor
Alcanzar tornillos		R20A	14,9	R24A		Alcanzar cubierta superior
Tomar tornillos (4)		G1A	8	G1A		Tomar cubierta
Mover al área de ensamble		M20B	22,4	M24A		Mover al área de ensamble
			16,2	P2S		Ensamblar Cubierta superior
			2	RL1		Soltar cubierta
Colocar tornillo		P3NS	53,4	R20B		Alcanzar destornillador neumático
Soltar		RL1	22,1	M20C		Mover al área de ensamble
Mover		M6C	10,3			Ajustar tornillo
Colocar tornillo		P3NS	53,4	RL1		Soltar
Soltar		RL1	22,1	M20C		Mover
Mover		M6C	10,3			Ajustar tornillo
Colocar tornillo		P3NS	53,4	RL1		Soltar
Soltar		RL1	22,1	M20C		Mover
Mover		M6C	10,3			Ajustar tornillo
Colocar tornillo		P3NS	53,4	RL1		Soltar
Soltar		RL1	22,1	M20C		Mover
Tomar dosificador		G3	5,6			Ajustar tornillo
Moverlo hasta área de empaque		M28B	23,1	RL1		Soltar destornillador

Tiempo total en tmu

742,4

DIAGRAMA BIMANUAL

Método Actual ☒ X
Método mejorado ☐

Fecha: Abril 14 de 2005
Elaborado por: LUIS E. CADENA
Hoja No. 1/2

PROCESO REPRESENTADO: Ensamble camisa-tubos entrada y salida

INICIA: Alcanzar camisa

TERMINA: Soltar camisa

MANO IZQUIERDA	SÍMBOLOS DEL GRÁFICO	CLASIF. MTM MI	tmu	CLASIF. MTM MD	SÍMBOLOS DEL GRÁFICO	MANO DERECHA
Alcanzar camisa	○ → □ ▢ ▽	R20A	13,1	R20A	○ → □ ▢ ▽	Alcanzar pegante
Mover camisa al área de ensamble	○ → □ ▢ ▽	M24C	25,5	M16B	○ → □ ▢ ▽	Mover pegante al área de ensamble
Sostener camisa	○ → □ ▢ ▽	G1A	16,2	AP	○ → □ ▢ ▽	Aplicar pegante
Sostener camisa	○ → □ ▢ ▽	G1A	13,1	R20A	○ → □ ▢ ▽	Alcanzar tubo entrada
Sostener camisa	○ → □ ▢ ▽	G1A	25,5	M24C	○ → □ ▢ ▽	Mover tubo al área de ensamble
Sostener camisa	○ → □ ▢ ▽	G1A	16,2	P2S	○ → □ ▢ ▽	Ensamblar tubo en camisa
Girar camisa 180°	○ → □ ▢ ▽	T	13,1	R20A	○ → □ ▢ ▽	Alcanzar tubo salida
Sostener camisa	○ → □ ▢ ▽	G1A	25,5	M24C	○ → □ ▢ ▽	Mover tubo al área de ensamble
Sostener camisa	○ → □ ▢ ▽	G1A	25,5	P2S	○ → □ ▢ ▽	Ensamblar tubo en camisa
Soltar camisa	○ → □ ▢ ▽	RL1	2	RL1	○ → □ ▢ ▽	Soltar tubo

Tiempo total en tmu	175,7
---------------------	-------

Anexo O. Encuesta

1. Nombre de la granja/establecimiento:

2. Número de cerdos: Iniciación Levante Ceba
Cría Total

3. Conoce algún tipo de automatización para el proceso de alimentación de cerdos?

Si ☐ No ☐Cuál _____

4. Posee alguno de estos equipos en la granja/establecimiento?

Si ☐ No ☐Cuál _____

5. Cuántas personas tiene destinadas a las actividades de alimentación? _____

6. Le interesaría implementar/comercializar un dispositivo que automatice totalmente el proceso de alimentación de cerdos? Si ☐ No ☐

7. Cuánto estaría dispuesto a pagar por un dispositivo que automatice totalmente el proceso de alimentación en su granja, eliminando la necesidad de personal?

\$30.000/und ☐ \$50.000/und ☐ \$80.000/und ☐ \$100.000/und ☐